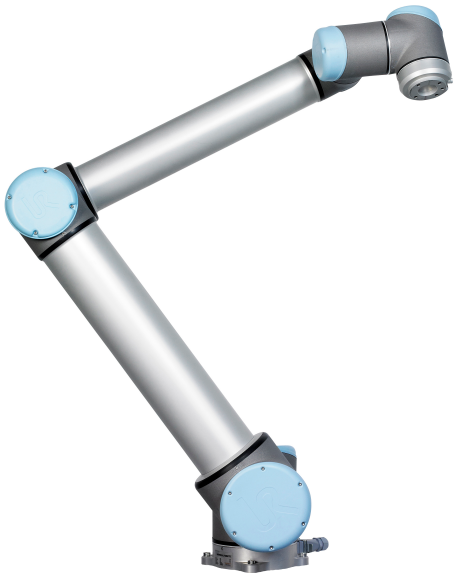
UNIVERSAL ROBOTS

Podręcznik użytkownika



UR10/CB3

Tłumaczenie oryginalnych instrukcji (pl)

Podręcznik użytkownika

UR10/CB3

Wersja 3.5.5

Tłumaczenie oryginalnych instrukcji (pl)

Informacje przedstawione w niniejszym dokumencie stanowią własność firmy Universal Robots A/S i nie mogą być powielane ani w całości, ani w części bez uprzedniej pisemnej zgody firmy Universal Robots A/S. Niniejsze informacje mogą ulec zmianie bez uprzedzenia i nie stanowią zobowiązania firmy Universal Robots A/S. Ten podręcznik jest okresowo weryfikowany i aktualizowany.

Firma Universal Robots A/S nie ponosi odpowiedzialności za błędy i braki w tym dokumencie.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S

Logo Universal Robots jest zastrzeżonym znakiem towarowym firmy Universal Robots A/S.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Spis treści

Przedmowa **ix**
Zawartość opakowań . . . ix
Ważna informacja o bezpieczeństwie . . . x
Jak czytać ten podręcznik . . . x
Gdzie znaleźć więcej informacji . . . x

I Podręcznik instalacji sprzętu **I-1**

1 Bezpieczeństwo **I-3**
1.1 Wprowadzenie . . . I-3
1.2 Walidacja i odpowiedzialność . . . I-3
1.3 Ograniczenie odpowiedzialności . . . I-4
1.4 Symbole ostrzegawcze w tym podręczniku . . . I-4
1.5 Ogólne ostrzeżenia i przestrogi . . . I-5
1.6 Przeznaczenie . . . I-8
1.7 Ocena ryzyka . . . I-8
1.8 Zatrzymanie awaryjne . . . I-10
1.9 Ruch z zasilaniem napędu i bez niego . . . I-11

2 Interfejsy i funkcje związane z bezpieczeństwem **I-13**
2.1 Wprowadzenie . . . I-13
2.2 Czasy zatrzymania w systemie bezpieczeństwa . . . I-14
2.3 Funkcje ograniczające dotyczące bezpieczeństwa . . . I-14
2.4 Tryby bezpieczeństwa . . . I-16
2.5 Interfejsy elektryczne właściwe dla bezpieczeństwa . . . I-17
2.5.1 Wejścia elektryczne właściwe dla bezpieczeństwa . . . I-17
2.5.2 Wyjścia elektryczne właściwe dla bezpieczeństwa . . . I-19

3 Transport **I-21**

4 Interfejs mechaniczny **I-23**
4.1 Wprowadzenie . . . I-23
4.2 Przestrzeń robocza robota . . . I-23
4.3 Mocowanie . . . I-23
4.4 Maksymalna ładowność . . . I-27

5 Interfejs elektryczny **I-29**
5.1 Wprowadzenie . . . I-29
5.2 Ostrzeżenia i przestrogi dotyczące elementów elektrycznych . . . I-29
5.3 We/wy sterownika . . . I-31
5.3.1 Wspólne parametry dla wszystkich we/wy cyfrowych . . . I-32
5.3.2 We/wy bezpieczeństwa . . . I-33

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

5.3.3 Cyfrowe we/wy ogólnego przeznaczenia I-37
5.3.4 Wejście cyfrowe z przycisku I-38
5.3.5 Komunikacja z innymi maszynami lub sterownikami PLC I-38
5.3.6 Analogowe we/wy ogólnego przeznaczenia I-38
5.3.7 Zdalne sterowanie włączaniem i wyłączaniem I-40
5.4 Narzędzie wejść/wyjść I-41
5.4.1 Cyfrowe wyjścia narzędzia I-42
5.4.2 Cyfrowe wejścia narzędzia I-43
5.4.3 Analogowe wejścia narzędzia I-44
5.5 Ethernet I-45
5.6 Połączenie zasilania sieciowego I-45
5.7 Połączenie robota I-46

6 Konserwacja i naprawa I-49
6.1 Instrukcje bezpieczeństwa I-49

7 Utylizacja i środowisko I-51

8 Certyfikaty I-53
8.1 Certyfikaty organów niezależnych I-53
8.2 Certyfikaty dostawców niezależnych I-54
8.3 Certyfikat testów producenta I-54
8.4 Deklaracje według dyrektyw UE I-54

9 Gwarancje I-55
9.1 Gwarancja na produkt I-55
9.2 Zastrzeżenie I-55

A Czas zatrzymania i odległość zatrzymania I-57
A.1 Czasy i odległości w kategorii zatrzymania 0 . . . . . I-57

B Deklaracje i świadectwa I-59
B.1 CE/EU Declaration of Incorporation (original) I-59
B.2 Deklaracja zgodności dla podzespołu CE/EU (tłumaczenie oryginału) I-60
B.3 Certyfikat systemu bezpieczeństwa I-61
B.4 Certyfikat badania środowiskowego I-62
B.5 Certyfikat badania EMC I-63
B.6 Certyfikaty badania w pomieszczeniu czystym I-64

C Stosowne normy I-67

D Parametry techniczne I-75

II Podręcznik PolyScope II-1

10 Konfiguracja bezpieczeństwa II-3
10.1 Wprowadzenie II-3
10.2 Zmiana konfiguracji bezpieczeństwa II-5
10.3 Błędy i synchronizacja bezpieczeństwa II-5

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

10.4 Tolerancje . . . II-6
10.5 Suma kontrolna bezpieczeństwa . . . II-6
10.6 Tryby bezpieczeństwa . . . II-7
10.7 Tryb ruchu swobodnego . . . II-8
10.7.1 Jazda wstecz . . . II-8
10.8 Blokada hasłem . . . II-8
10.9 Zastosowanie . . . II-9
10.10 Limity ogólne . . . II-9
10.11 Limity przegubów . . . II-12
10.12 Granice . . . II-13
10.12.1 Wybór granicy do skonfigurowania . . . II-14
10.12.2 Wizualizacja 3D . . . II-15
10.12.3 Konfiguracja płaszczyzny bezpieczeństwa . . . II-15
10.12.4 Konfiguracja granicy narzędzia . . . II-19
10.13 We/wy bezpieczeństwa . . . II-21
10.13.1 Sygnały wejściowe . . . II-21
10.13.2 Sygnały wyjściowe . . . II-23

11 Rozpoczęcie programowania II-25
11.1 Wprowadzenie . . . II-25
11.2 Pierwsze kroki . . . II-26
11.2.1 Instalacja ramienia robota i skrzynki sterowniczej . . . II-26
11.2.2 Włączanie i wyłączanie skrzynki sterowniczej . . . II-26
11.2.3 Włączanie i wyłączanie ramienia robota . . . II-27
11.2.4 Szybki start . . . II-27
11.2.5 Pierwszy program . . . II-27
11.3 Interfejs programistyczny PolyScope . . . II-29
11.4 Ekran powitalny . . . II-30
11.5 Ekran inicjowania . . . II-31

12 Edytory ekranowe II-35
12.1 Ekranowy edytor wyrażeń . . . II-35
12.2 Ekran edytora postawy . . . II-35

13 Sterowanie robotem II-39
13.1 Karta Ruch . . . II-39
13.1.1 Robot . . . II-39
13.1.2 Pozycja narzędzia i funkcji . . . II-40
13.1.3 Porusz narzędzie . . . II-40
13.1.4 Porusz przeguby . . . II-40
13.1.5 Ruch swobodny . . . II-40
13.2 Karta we/wy . . . II-41
13.3 We/wy klienta MODBUS . . . II-42
13.4 Karta Ruch automatyczny . . . II-43
13.5 Instalacja → Załaduj/zapisz . . . II-44
13.6 Instalacja → Konfiguracja punktu centralnego narzędzia (TCP) . . . II-45
13.6.1 Dodawanie, modyfikowanie i usuwanie punktów TCP . . . II-45

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

13.6.2 Domyślny i aktywny punkt TCP . . . II-46
13.6.3 Uczenie pozycji punktu TCP . . . II-46
13.6.4 Uczenie orientacji TCP . . . II-47
13.6.5 Obciążenie . . . II-47
13.6.6 Środek ciężkości . . . II-48
13.7 Instalacja → Mocowanie . . . II-48
13.8 Instalacja → Konfiguracja we/wy . . . II-49
13.8.1 Typ sygnału we/wy . . . II-50
13.8.2 Przydzielanie nazw zdefiniowanych przez użytkownika . . . II-50
13.8.3 Działania we/wy i sterowanie kartą we/wy . . . II-50
13.9 Instalacja → Bezpieczeństwo . . . II-51
13.10 Instalacja → Zmienne . . . II-51
13.11 Instalacja → Konfiguracja we/wy klienta MODBUS . . . II-52
13.12 Instalacja → Funkcje . . . II-56
13.12.1 Korzystanie z funkcji . . . II-57
13.12.2 Nowy punkt . . . II-58
13.12.3 Nowa linia . . . II-59
13.12.4 Nowa płaszczyzna . . . II-60
13.12.5 Przykład: Ręczna aktualizacja funkcji w celu regulacji programu . . . II-61
13.12.6 Przykład: Dynamiczna aktualizacja postawy dla funkcji . . . II-62
13.13 Ustawienia śledzenia przenośnika . . . II-63
13.14 Instalacja → Program domyślny . . . II-64
13.15 Karta rejestru . . . II-66
13.16 Ekran ładowania . . . II-66
13.17 Karta uruchomienia . . . II-69

14 Programowanie II-71
14.1 Nowy program . . . II-71
14.2 Karta Program . . . II-72
14.2.1 Drzewo programu . . . II-72
14.2.2 Wskazanie wykonywania programu . . . II-73
14.2.3 Przycisk wyszukiwania . . . II-73
14.2.4 Przyciski cofnij/ponów . . . II-74
14.2.5 Tablica przyrządów programu . . . II-74
14.3 Zmienne . . . II-75
14.4 Polecenie: Puste . . . II-76
14.5 Polecenie: Ruch . . . II-77
14.6 Polecenie: Ustalony punkt orientacyjny . . . II-80
14.7 Polecenie: Względny punkt orientacyjny . . . II-86
14.8 Polecenie: Zmienny punkt orientacyjny . . . II-87
14.9 Polecenie: Czekaj . . . II-88
14.10 Polecenie: Ustaw . . . II-88
14.11 Polecenie: Wyskakujące okno . . . II-89
14.12 Polecenie: Zatrzymaj . . . II-90
14.13 Polecenie: Komentarz . . . II-90
14.14 Polecenie: Folder . . . II-91
14.15 Polecenie: Pętla . . . II-92

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

14.16 Polecenie: PodProgram II-93
14.17 Polecenie: Przypisanie II-94
14.18 Polecenie: Instrukcja warunkowa if II-95
14.19 Polecenie: Skrypt II-96
14.20 Polecenie: Zdarzenie II-97
14.21 Polecenie: Wątek II-98
14.22 Polecenie: Przełącznik II-99
14.23 Polecenie: Wzór II-100
14.24 Polecenie: Siła II-101
14.25 Polecenie: Paleta II-105
14.26 Polecenie: Wyszukaj II-106
14.27 Polecenie: Śledzenie przenośnika II-110
14.28 Polecenie: Zablokuj II-110
14.29 Karta Urządzenie graficzne II-110
14.30 Karta struktury II-112
14.31 Karta zmiennych II-113
14.32 Polecenie: Inicjalizacja zmiennych II-114

15 Ekran konfiguracji **II-115**
15.1 Język i jednostki II-116
15.2 Aktualizacja robota II-117
15.3 Ustawienie hasła II-118
15.4 Kalibracja ekranu II-119
15.5 Skonfiguruj sieć II-120
15.6 Ustaw godzinę II-120
15.7 Konfiguracja URCap II-121

Słowniczek **II-123**

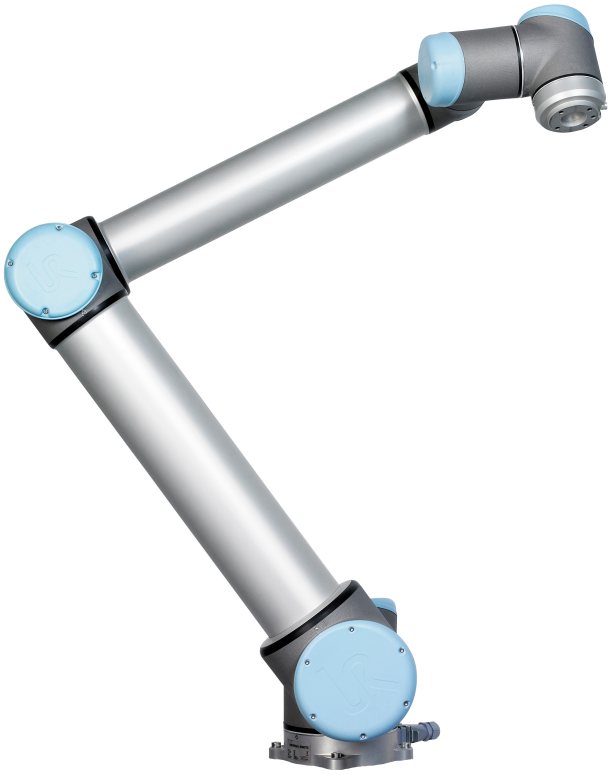
Indeks **II-125**

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Przedmowa

Gratulujemy zakupu nowego robota Universal Robots, UR10.



Robota można zaprogramować do przemieszczania narzędzia oraz komunikowania się z innymi urządzeniami przy pomocy sygnałów elektrycznych. Sam robot to ramię zbudowane z przegubów oraz rur z wytłaczanego aluminium. Dzięki naszemu opatentowanemu interfejsowi do programowania PolyScope można z łatwością zaprogramować robota tak, aby przemieszczał narzędzie wzdłuż pożądanej trajektorii.

Zawartość opakowań

Po zamówieniu kompletnego robota dostarczone zostaną dwa pudła. Jedno zawiera ramię robota, a w drugim znajdują się poniższe elementy:

- Skrzynka sterownicza ze sterownikiem uczenia
- Wspornik montażowy do skrzynki sterowniczej
- Wspornik montażowy do sterownika uczenia
- Klucz do otwierania skrzynki sterowniczej
- Kabel do łączenia ramienia robota ze skrzynką sterowniczą
- Kabel zasilania sieciowego zgodny z regionem instalacji

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

- Rysik z laserem
- Niniejszy podręcznik

Ważna informacja o bezpieczeństwie

Robot to **częściowo ukończona maszyna** (zob. 8.4) i dlatego każda instalacja robota wymaga oceny ryzyka.
Uwaga: Należy przestrzegać wszystkich instrukcji bezpieczeństwa z rozdziału1.

Jak czytać ten podręcznik

Podręcznik zawiera instrukcje instalacji i obsługi robota. Składa się z poniższych części:

Podręcznik instalacji sprzętu: Mechaniczna i elektryczna instalacja robota.

Podręcznik PolyScope: Programowanie robota.

Niniejszy podręcznik jest przeznaczony dla integratora, który posiada podstawowe przeszkolenie mechaniczne i elektryczne. Integrator może również być zaznajomiony z podstawową ideą programowania. Nie jest wymagana specjalna wiedza na temat robotów ogólnie, czy też w szczególności robotów firmy Universal Robots.

Gdzie znaleźć więcej informacji

Strona internetowa wsparcia (http://www.universal-robots.com/support) dostępna dla dystrybutorów UR zawiera dodatkowe informacje, np.:

- inne wersje językowe niniejszego podręcznika
- Aktualizacje **podręcznika PolyScope** po aktualizacji PolyScope do nowej wersji;
- **Podręcznik serwisowy** z instrukcjami rozwiązywania problemów, konserwacji i napraw robota
- **Podręcznik skryptów** dla zaawansowanych użytkowników.
- URCAPS, gdzie można zakupić możliwości

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Część I

Podręcznik instalacji sprzętu

1 Bezpieczeństwo

1.1 Wprowadzenie

Ten rozdział zawiera ważne informacje dotyczące bezpieczeństwa, które integrator robotów UR musi ze zrozumieniem przeczytać **przed** włączeniem robota po raz pierwszy.

Pierwsze podrozdziały tego rozdziału zawierają informacje ogólne. Dalsze podrozdziały zawierają bardziej szczegółowe dane inżynieryjne dotyczące konfigurowania i programowania robota. `Rozdział 2` opisuje i definiuje funkcje związane z bezpieczeństwem, w szczególności dotyczące zastosowań pracy współbieżnej. Instrukcje i wskazówki zamieszczone w `rozdziale 2` oraz w `sekcji 1.7` są szczególnie ważne.

Bardzo ważne jest przestrzeganie wszystkich instrukcji montażowych oraz wytycznych podanych w innych rozdziałach i częściach niniejszego podręcznika.

Należy zwrócić szczególną uwagę na tekst oznaczony symbolami ostrzegawczymi.

UWAGA:
Firma Universal Robots zrzeka się jakiejkolwiek odpowiedzialności w przypadku uszkodzenia lub wprowadzania dowolnych zmian bądź modyfikacji robota (skrzynki sterowniczej ramienia i/lub sterownika uczenia) przez użytkownika. Firma Universal Robots nie będzie odpowiedzialna za jakiekolwiek uszkodzenia robota lub innego wyposażenia spowodowane przez błędy programistyczne lub awarię robota.

1.2 Walidacja i odpowiedzialność

Informacje podane w niniejszym podręczniku nie obejmują sposobu projektowania, instalacji i obsługi kompletnego układu z robotem ani nie opisują całego wyposażenia peryferyjnego, które może wpływać na bezpieczeństwo całego systemu. Cały system musi być zaprojektowany i zainstalowany zgodnie z wymaganiami bezpieczeństwa ustalonymi przez normy i przepisy kraju, w którym robot został zainstalowany.

Integratorzy robotów UR są odpowiedzialni za przestrzeganie wszelkich przepisów i zasad dotyczących bezpieczeństwa i obowiązujących w kraju instalacji oraz za wyeliminowanie wszystkich znaczących zagrożeń w kompletnym układzie robota.

Dotyczy to m.in. poniższych kwestii:

- wykonywanie oceny ryzyka dla kompletnego systemu robota,

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

- przyłączanie innych maszyn i dodatkowych urządzeń bezpieczeństwa, jeśli zostały określone w ocenie ryzyka,
- wyznaczenie właściwych ustawień bezpieczeństwa w oprogramowaniu,
- zapewnienie, że użytkownik nie będzie modyfikować żadnych środków bezpieczeństwa,
- zatwierdzenie prawidłowości projektu i instalacji całego systemu robota,
- stworzenie instrukcji obsługi,
- oznaczenie instalacji robota właściwymi znakami i informacjami kontaktowymi integratora,
- zebranie całej dokumentacji w katalogu technicznym, obejmującym także ocenę ryzyka i niniejszy podręcznik.

Wskazówki dotyczące wyszukiwania i odczytywania stosownych norm i przepisów są dostępne na stronie `http://universal-robots.com/support/`.

1.3 Ograniczenie odpowiedzialności

Żadne informacje dotyczące bezpieczeństwa podane w niniejszym podręczniku nie mogą być traktowane jako gwarancja firmy UR stanowiąca, że przemysłowy manipulator nie spowoduje obrażeń lub uszkodzeń nawet w przypadku zgodności z wszystkimi instrukcjami bezpieczeństwa.

1.4 Symbole ostrzegawcze w tym podręczniku

Poniższe symbole definiują oznaczenia, które wyznaczają poziomy zagrożenia i które są używane w całym podręczniku. Takie same znaki ostrzegawcze są stosowane na produkcie.

NIEBEZPIECZEŃSTWO:
Oznaczenie sytuacji bezpośredniego zagrożenia elektrycznego, która w przypadku wystąpienia może spowodować śmierć lub poważne obrażenia.

NIEBEZPIECZEŃSTWO:
Oznaczenie sytuacji bezpośredniego zagrożenia, która w przypadku wystąpienia może spowodować śmierć lub poważne obrażenia.

OSTRZEŻENIE:
Oznaczenie sytuacji potencjalnego zagrożenia elektrycznego, która w przypadku wystąpienia może spowodować obrażenia lub poważne uszkodzenia sprzętu.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

OSTRZEŻENIE:
Oznaczenie sytuacji potencjalnego zagrożenia, która w przypadku wystąpienia może spowodować obrażenia lub poważne uszkodzenia sprzętu.

OSTRZEŻENIE:
Oznaczenie gorącej powierzchni stanowiącej potencjalne zagrożenie, której dotknięcie może spowodować obrażenia.

PRZESTROGA:
Oznaczenie sytuacji, która w przypadku wystąpienia może spowodować uszkodzenie sprzętu.

1.5 Ogólne ostrzeżenia i przestrogi

Ten rozdział zawiera ogólne ostrzeżenia i środki ostrożności, które mogły wystąpić kilkakrotnie w różnych częściach niniejszego podręcznika. Inne ostrzeżenia i przestrogi dotyczą całego podręcznika.

NIEBEZPIECZEŃSTWO:
Robota i wyposażenie elektryczne należy koniecznie instalować zgodnie ze specyfikacjami i ostrzeżeniami, znajdującymi się w rozdziałach 4 i 5.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

OSTRZEŻENIE:

1. Ramię robota i narzędzie/chwytak muszą być właściwie i bezpiecznie przykręcone we właściwym miejscu.
2. Ramię robota musi mieć przestrzeń wystarczającą do swobodnej pracy.
3. Środki bezpieczeństwa i/lub parametry konfiguracji bezpieczeństwa robota muszą być zastosowane, aby chronić programistów, operatorów i osoby postronne tak, jak przewiduje ocena ryzyka.
4. Podczas pracy przy robocie nie wolno nosić luźnych ubrań ani biżuterii. Podczas pracy przy robocie długie włosy muszą być upięte z tyłu głowy.
5. Nie wolno używać robota, jeśli jest uszkodzony.
6. Jeśli oprogramowanie zgłasza wystąpienie błędu, należy natychmiast nacisnąć przycisk zatrzymania awaryjnego, zapisać warunki jakie doprowadziły do wystąpienia błędu, odszukać odpowiednie kody błędów na ekranie dziennika i skontaktować się z dostawcą.
7. Nie wolno podłączać wyposażenia bezpieczeństwa do standardowych wejść i wyjść. Wolno używać wyłącznie wejść i wyjść zgodnych z funkcjami bezpieczeństwa.
8. Koniecznie należy używać właściwych ustawień instalacji (np. kąt mocowania robota, ciężar w punkcie TCP, odsunięcie TCP, konfiguracja bezpieczeństwa). Plik instalacji należy zapisywać i ładować razem z programem.
9. Funkcji ruchu swobodnego (impedancja/wycofanie) wolno używać tylko w instalacjach, w których zostały one dopuszczone przez ocenę ryzyka. Narzędzia/chwytaki i przeszkody nie powinny mieć ostrych krawędzi ani wprowadzać punktów zgniecenia.
10. Należy koniecznie ostrzec wszystkie osoby, aby trzymały głowy i twarze poza zasięgiem pracującego robota lub robota, który za chwilę rozpocznie pracę.
11. Podczas pracy ze sterownikiem uczenia należy pamiętać o ruchach robota.
12. Jeśli zostało to stwierdzone w ocenie ryzyka, nie wolno wchodzić do obszaru bezpieczeństwa robota ani go dotykać, kiedy system jest włączony.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

11. Kolizje mogą uwalniać duże ilości energii kinetycznej, które są znacznie wyższe przy dużych prędkościach i dużym obciążeniu. (Energia kinetyczna = $\frac{1}{2}$masa $\cdot$ prędkość^2)
12. Łączenie różnych maszyn może przyczynić się do wzrostu zagrożeń lub utworzyć nowe. Zawsze należy przeprowadzać całościową ocenę ryzyka dla całej instalacji. W zależności od oceny ryzyka, zastosowanie mogą mieć różne poziomy bezpieczeństwa i działania, np. jeśli wymagane są różne poziomy bezpieczeństwa i działania zatrzymania awaryjnego, zawsze należy wybierać najwyższy poziom. Należy przeczytać ze zrozumieniem wszystkie podręczniki dla całego wyposażenia wykorzystywanego w instalacji.
13. Nigdy nie wolno modyfikować robota. Modyfikacja może doprowadzić do powstania zagrożeń, których nie przewidzi integrator. Wszelki autoryzowany montaż należy wykonywać zgodnie z najnowszymi wersjami wszystkich właściwych podręczników serwisowych.
14. Jeśli robot został zakupiony z dodatkowym modułem (np. interfejsem euromap67), należy zapoznać się z tym modułem przez właściwy podręcznik.

OSTRZEŻENIE:

1. Robot i jego skrzynka sterownika wytwarzają ciepło podczas pracy. Nie wolno manipulować ani dotykać robota, który pracuje lub tuż po zakończeniu pracy, ponieważ zbyt długi kontakt z robotem może wywoływać uczucie dyskomfortu. Aby pozwolić na ostygnięcie robota, należy go odłączyć od zasilania i odczekać jedną godzinę.
2. Nie wolno wkładać palców za wewnętrzne pokrywy skrzynki sterownika.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

PRZESTROGA:

1. Kiedy robot jest łączony lub współpracuje z innymi maszynami, które mogą go uszkodzić, stanowczo zaleca się osobne sprawdzenie wszystkich funkcji i programu robota. Zaleca się również sprawdzenie programu robota, używając tymczasowych punktów orientacyjnych poza przestrzenią roboczą innych maszyn.
2. Nie wolno wystawiać robota na działanie stałych pól magnetycznych. Bardzo silne pola magnetyczne mogą uszkodzić robota.

1.6 Przeznaczenie

Roboty firmy UR to roboty typu przemysłowego, przeznaczone do używania narzędzi/chwytaków i mocowań, obróbki i przenoszenia komponentów lub produktów. Szczegółowe informacje o warunkach środowiskowych, w których robot powinien pracować znajdują się w `dodatkach B` i `D`.

Roboty firmy UR są wyposażone w specjalne funkcje związane z bezpieczeństwem, zaprojektowane do pracy współbieżnej, kiedy system robota pracuje bez ogrodzenia i/lub razem z człowiekiem.

Praca współbieżna jest przewidziana wyłącznie w zastosowaniach bez zagrożeń, w których całościowe zastosowanie włącznie z narzędziem/chwytakiem, elementem obrabianym, przeszkodami i pozostałymi maszynami nie wnosi według oceny ryzyka żadnych istotnych zagrożeń dla danego zastosowania.

Wszelkie użytkowanie lub zastosowanie odbiegające od zakresu przeznaczenia będzie uznane za użycie niedozwolone. Dotyczy to m.in. poniższych kwestii:

- praca w potencjalnie wybuchowych środowiskach,
- praca w zastosowaniach medycznych i krytycznych dla życia,
- praca przed przeprowadzeniem oceny ryzyka,
- praca poza określonymi specyfikacjami,
- wykorzystanie jako pomoc przy wchodzeniu,
- praca poza dopuszczalnymi zakresami parametrów roboczych.

1.7 Ocena ryzyka

Jednym z najważniejszych działań, jakie powinien przeprowadzić integrator jest dokonanie . W wielu krajach jest to wymagane prawnie. Sam robot należy do maszyn nieukończonych, ponieważ bezpieczeństwo instalacji robota zależy od sposobu jego zintegrowania (np. narzędzia/chwytaka, przeszkody i innych maszyn).

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Zaleca się, aby w ocenie ryzyka integrator kierował się normami ISO 12100 i ISO 10218-2. Ponadto integrator może zastosować specyfikację techniczną ISO/TS 15066 jako źródło dodatkowych wskazówek.

Ocena ryzyka przeprowadzana przez integratora powinna uwzględniać wszystkie zadania robocze w całym cyklu eksploatacji robota na danym stanowisku, m.in.:

- uczenie robota podczas ustawiania i rozbudowy jego instalacji,
- rozwiązywanie problemów i konserwacja,
- normalna praca w instalacji robota.

Ocena ryzyka musi być przeprowadzona **przed** pierwszym uruchomieniem ramienia robota. Do oceny ryzyka przeprowadzonej przez integratora należy identyfikacja właściwych ustawień konfiguracji bezpieczeństwa, a także zapotrzebowania na dodatkowe przyciski zatrzymania awaryjnego i/lub inne środki ochrony wymagane przy danym zastosowaniu robota.

Identyfikacja właściwych ustawień konfiguracji bezpieczeństwa jest szczególnie ważna przy rozbudowie w zastosowaniach robota do pracy współbieżnej. Więcej szczegółowych informacji zawiera `rozdział 2` i `część II`.

Niektóre funkcje dotyczące bezpieczeństwa są zaprojektowane szczególnie do zastosowań w pracy współbieżnej. Te funkcje konfiguruje się przez ustawienia konfiguracji bezpieczeństwa i są one szczególnie ważne przy zapobieganiu poszczególnym ryzykom zawartym w ocenie ryzyka przeprowadzonej przez integratora:

- **Ograniczanie siły i mocy**: Służy do ograniczania sił i nacisków zaciskających wywieranych przez robota w kierunku ruchu na wypadek kolizji robota z operatorem.
- **Ograniczanie pędu**: Służy do ograniczania wysokiej energii przenoszonej i sił uderzenia przez zmniejszenie szybkości robota na wypadek jego kolizji z operatorem.
- **Ograniczanie pozycji punktu TCP i narzędzia/chwytaka**: Szczególnie przydatne do zmniejszania ryzyka dotyczącego pewnych części ciała. Np. zapobieganie ruchom w stronę głowy i szyi.
- **Ograniczanie orientacji punktu TCP i narzędzia/chwytaka**: Szczególnie przydatne do zmniejszania ryzyka związanego z pewnymi obszarami oraz funkcjami narzędzia/chwytaka i elementu obrabianego. Jako przykład można podać unikanie skierowania ostrych krawędzi w kierunku operatora.
- **Ograniczanie szybkości**: Szczególnie przydatne do wymuszenia niskiej szybkości ramienia robota.

Integrator, poprzez zastosowanie ochrony hasłem, ma obowiązek uniemożliwić osobom nieupoważnionym dostęp do konfiguracji bezpieczeństwa.
Wymagana jest ocena ryzyka współbieżności w zastosowaniu robota dla przypadków celowego kontaktu z robotem i/lub niewłaściwego przewidywalnego użycia, która musi uwzględniać:

- skalę ciężkości poszczególnych potencjalnych kolizji,

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

- prawdopodobieństwo wystąpienia poszczególnych potencjalnych kolizji,
- możliwość uniknięcia poszczególnych potencjalnych kolizji.

Jeśli robot jest zainstalowany w zastosowaniu bez współbieżności, gdzie nie ma rozsądnej możliwości wyeliminowania zagrożeń lub właściwego zmniejszenia ryzyka przez zastosowanie wbudowanych funkcji bezpieczeństwa (np. kiedy jest używane niebezpieczne narzędzie/chwytak), to ocena ryzyka przeprowadzona przez integratora musi kończyć się wnioskiem, że integrator musi wprowadzić dodatkowe środki bezpieczeństwa (np. urządzenie zezwalające, które chroni integratora podczas ustawiania i programowania).

Firma Universal Robots zidentyfikowała potencjalne zagrożenia podane poniżej jako zagrożenia, które integrator musi wziąć pod uwagę.
Uwaga: W danej instalacji robota mogą być obecne inne istotne zagrożenia.

1. Przebicie skóry przez ostre krawędzie i spiczaste zakończenia lub złącza narzędzia/chwytaka.
2. Przebicie skóry przez ostre krawędzie i spiczaste zakończenia na przeszkodach przy torze robota.
3. Siniaki spowodowane przez kontakt z robotem.
4. Zwichnięcia lub złamania kości z powodu uderzenia przez ciężki ładunek i o twardą powierzchnię.
5. Konsekwencje niedokręcenia śrub utrzymujących ramię robota lub narzędzie/chwytak.
6. Elementy wypadające z narzędzia/chwytaka, np. z powodu słabego uchwytu lub przerwy w zasilaniu.
7. Błędy z powodu istnienia różnych przycisków zatrzymania awaryjnego dla różnych urządzeń.
8. Błędy spowodowane nieupoważnionymi zmianami w parametrach konfiguracji bezpieczeństwa.

Informacje o czasach i odległościach zatrzymania zawiera rozdział 2 i dodatek A.

1.8 Zatrzymanie awaryjne

Uruchomienie przycisku zatrzymania awaryjnego spowoduje natychmiastowe zatrzymanie wszystkich ruchów robota.

Uwaga: Zgodnie z postanowieniami norm IEC 60204-1 i ISO 13850 urządzenia awaryjne nie są uznawane za zabezpieczenia. Są to dodatkowe środki ochronne i nie mają na celu zapobiegania obrażeniom.

Ocena ryzyka zastosowania robota musi stwierdzać, czy konieczne jest zainstalowanie większej liczby przycisków zatrzymania awaryjnego. Przyciski zatrzymania awaryjnego muszą być zgodne z normą IEC 60947-5-5 (zob. sekcję 5.3.2).

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

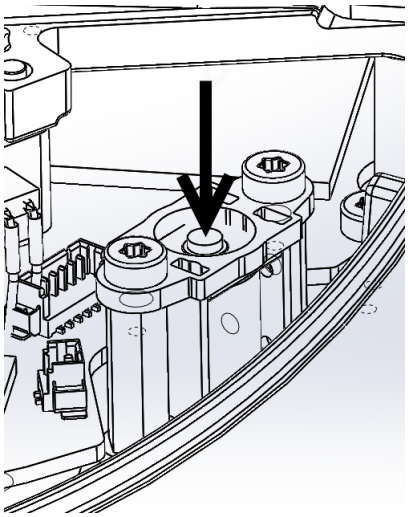
1.9 Ruch z zasilaniem napędu i bez niego

W mało prawdopodobnym przypadku wystąpienia sytuacji awaryjnej, w której konieczne jest przemieszczenie jednego lub kilku przegubów robota, jednak włączenie zasilania robota jest niemożliwe albo niepożądane, istnieją dwa sposoby wymuszenia ruchu przegubów robota:

1. Wymuszone wycofanie: wymuszenie ruchu przegubu przez mocne popchnięcie lub pociągnięcie ramienia robota. Każdy hamulec przegubu ma sprzęgło cierne, umożliwiające ruch przez przyłożenie wysokiego momentu obrotowego.
2. Ręczne zwolnienie hamulca: Należy zdjąć pokrywę przegubu, wykręcając kilka mocujących ją śrub M3. Następnie zwolnić hamulec, naciskając trzpień w małym elektromagnesie, jak pokazano na ilustracji poniżej.

OSTRZEŻENIE:

1. Ręczne przesunięcie ramienia robota jest stosowane wyłącznie w sytuacjach awaryjnych i może spowodować uszkodzenia przegubów.
2. Jeśli hamulec zostanie zwolniony ręcznie, siła grawitacyjna może doprowadzić do upadku ramienia robota. W chwili zwolnienia hamulca należy zawsze podpierać ramię robota, narzędzie/chwytak oraz element roboczy.



Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

2 Interfejsy i funkcje związane z bezpieczeństwem

2.1 Wprowadzenie

Roboty UR są wyposażone w wiele wbudowanych funkcji i interfejsów elektrycznych właściwych dla bezpieczeństwa w celu łączenia z innymi urządzeniami, a także dodatkowe urządzenia ochronne. Każdy interfejs i funkcja właściwe dla bezpieczeństwa są monitorowane według normy EN ISO13849-1:2008 (zob. rozdział 8, certyfikacje) przy poziomie działania d (PLd).

NIEBEZPIECZEŃSTWO:
Zastosowanie parametrów konfiguracji bezpieczeństwa innych niż zdefiniowane w procesie oceny ryzyka przeprowadzonej przez integratora może prowadzić do zagrożeń, które nie są eliminowane w rozsądnym stopniu lub nieodpowiedniego ograniczania ryzyka.

Rozdział 10 w części II opisuje konfigurację funkcji, wejść i wyjść związanych z bezpieczeństwem w interfejsie użytkownika. Rozdział 5 zawiera informacje, jak połączyć urządzenia bezpieczeństwa z interfejsem elektrycznym.

UWAGA:

1. Używanie i konfiguracja interfejsów i funkcji dotyczących bezpieczeństwa muszą być zgodne z oceną ryzyka, jaką przeprowadza integrator dla szczególnego zastosowania robota, zob. sekcję 1.7 w rozdziale 1.
2. Jeśli robot wykryje awarię lub naruszenie w systemie bezpieczeństwa, np. rozcięcie jednego z przewodów w obwodzie zatrzymania awaryjnego, uszkodzenie czujnika położenia lub naruszenie limitu funkcji bezpieczeństwa, inicjowane jest zatrzymanie kategorii 0. Czas od wystąpienia błędu do zatrzymania robota dla najgorszego przypadku jest podany na końcu tego rozdziału. Ten czas musi być uwzględniony w ocenie ryzyka przeprowadzonej przez integratora.

Robot jest wyposażony w wiele funkcji właściwych dla bezpieczeństwa, które można wykorzystać do ograniczenia ruchów przegubów oraz *punktu centralnego narzędzia* (TCP) robota. TCP to środkowy punkt kołnierza zewnętrznego po dodaniu odsunięcia TCP.

Ograniczające funkcje właściwe dla bezpieczeństwa to:

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Ograniczająca funkcja bezpieczeństwa	Opis
Pozycja przegubu	Min. i maks. pozycja kątowa przegubu
Prędkość przegubu	Maks. kątowa prędkość przegubu
Pozycja TCP	Płaszczyzny w przestrzeni kartezjańskiej ograniczające pozycje punktu TCP robota
Prędkość TCP	Maks. prędkość TCP robota
Siła TCP	Maks. siła oddziaływania TCP robota
Pęd	Maks. pęd ramienia robota
Moc	Maks. stosowana moc ramienia robota

2.2 Czasy zatrzymania w systemie bezpieczeństwa

Czas zatrzymania systemu bezpieczeństwa to czas od wystąpienia usterki lub naruszenia funkcji bezpieczeństwa do całkowitego zatrzymania robota i włączenia hamulców mechanicznych.

Jeśli bezpieczeństwo danego zastosowania zależy od czasu zatrzymania robota, należy wziąć pod uwagę maksymalne czasy zatrzymania w tabeli. Przykładowo: jeśli błąd robota powoduje zatrzymanie całej linii produkcyjnej i wymagane jest podjęcie określonych działań natychmiast po zatrzymaniu, należy wziąć pod uwagę maksymalne czasy zatrzymania.

Pomiary są wykonane przy następującej konfiguracji robota:

- Wysunięcie: 100% (całkowite wysunięcie ramienia robota w poziomie).
- Prędkość: Limit szybkości punktu TCP w systemie bezpieczeństwa jest ustawiony według opisanego limitu.
- Obciążenie: maksymalne obciążenie dopuszczalne przez robota umocowane w punkcie TCP (10 kg).

Czas zatrzymania dla najgorszego przypadku przy kategorii zatrzymania[1] 0 następującego po naruszeniu limitów bezpieczeństwa lub po sygnale interfejsu można sprawdzić w poniższej tabeli.

Limit szybkości punktu TCP	Maksymalny czas zatrzymania
1.0 m/s	450 ms
1.5 m/s	500 ms
2.0 m/s	550 ms
1.5 m/s	600 ms
3.0 m/s	650 ms

2.3 Funkcje ograniczające dotyczące bezpieczeństwa

Zaawansowane oprogramowanie kontroli toru zmniejsza prędkość lub wywołuje zatrzymanie wykonywania programu, jeśli ramię robota zbliży się do limitu wła-

[1] Kategorie zatrzymania są zgodne z normą IEC 60204-1, więcej informacji zawiera słowniczek.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

ściwego dla bezpieczeństwa. Naruszenia limitów mogą więc się wydarzyć wyłącznie w wyjątkowych przypadkach. Jeśli jednak dojdzie do naruszenia limitu, system bezpieczeństwa wywołuje zatrzymanie kategorii 0.

	Najgorszy przypadek			
Ograniczająca funkcja bezpieczeństwa	Prawdziwość	Czas detekcji	Czas odcięcia zasilania	Czas reakcji
Pozycja przegubu	1.15 °	100 ms	1000 ms	1100 ms
Prędkość przegubu	1.15 °/s	250 ms	1000 ms	1250 ms
Pozycja TCP	20 mm	100 ms	1000 ms	1100 ms
Orientacja TCP	1.15 °	100 ms	1000 ms	1100 ms
Prędkość TCP	50 mm/s	250 ms	1000 ms	1250 ms
Siła TCP	25 N	250 ms	1000 ms	1250 ms
Pęd	3 kg m/s	250 ms	1000 ms	1250 ms
Moc	10 W	250 ms	1000 ms	1250 ms

System jest uważany za *niezasilany*, kiedy napięcie szyny 48 V osiągnie potencjał elektryczny poniżej 7,3 V. Czas odcięcia zasilania mierzony jest od wykrycia zdarzenia do chwili, kiedy system jest niezasilany.

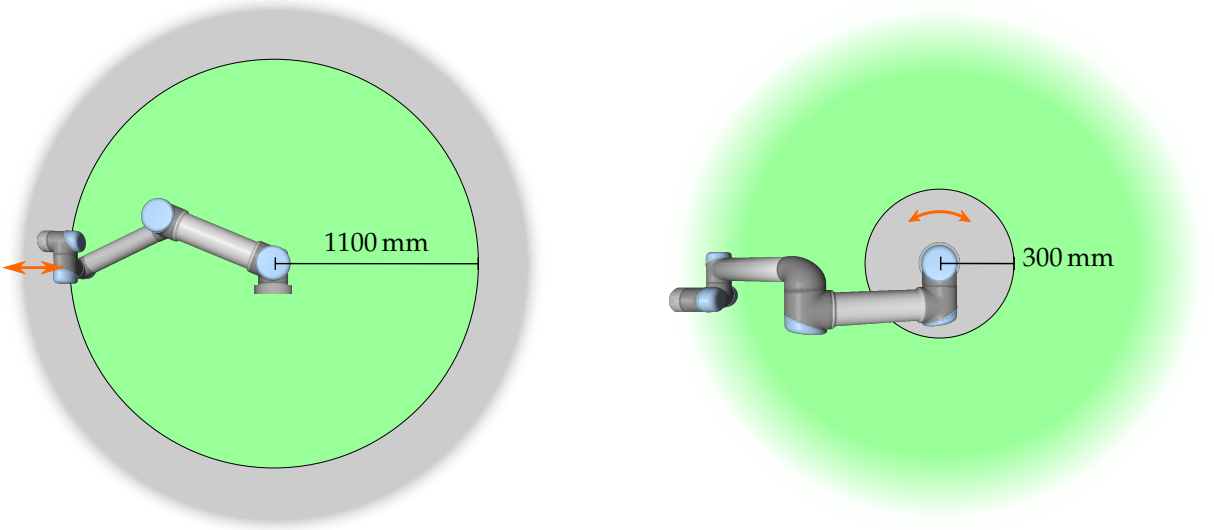
OSTRZEŻENIE:

W funkcji limitu siły istnieją dwa wyjątki, o których trzeba pamiętać podczas projektowania komórki roboczej robota. Są one zilustrowane na rysunku 2.1. Przy wysuwaniu robota staw kolanowy może wywrzeć dużą siłę w kierunku promieniowym (w kierunku od podstawy) i jednocześnie przy małej szybkości. W podobny sposób występuje krótkie ramię dźwigni, kiedy narzędzie jest blisko podstawy i rusza się w kierunku stycznym (wokół) bazy. Wtedy może pojawić się duża siła, lecz także przy małej szybkości. Zagrożenia zmiażdżeniem można unikać np. przez usunięcie przeszkód z tych obszarów, inne pozycjonowanie robota lub przez zastosowanie kombinacji płaszczyzn bezpieczeństwa i limitów przegubów. Zagrożenie może zostać w ten sposób usunięte przez zapobieganie ruchowi robota w tym obszarze przestrzeni roboczej.

OSTRZEŻENIE:

Jeśli robot jest używany do zastosowań z ręcznym prowadzeniem dłoni ruchami liniowymi, limit prędkość przegubu musi wynosić maksymalnie 40 stopni na sekundę dla podstawy i przegubów barku (o ile ocena zagrożenia nie wykaże, że możliwa jest praca z prędkością powyżej 40 stopni na sekundę). Zapobiegnie to szybkim ruchom łokcia robota w pobliżu osobliwości.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.



Rysunek 2.1: Niektóre obszary przestrzeni roboczej powinny być uznane za zagrożone zmiażdżeniem ze względu na fizyczne właściwości ramienia robota. Jeden z tych obszarów jest zdefiniowany dla ruchów promieniowych, kiedy przegub nadgarstka 1 jest w odległości co najmniej 1100 mm od podstawy robota. Drugi obszar znajduje się w odległości 300 mm od podstawy robota podczas ruchu w kierunku stycznym.

2.4 Tryby bezpieczeństwa

Tryb normalny i ograniczony System bezpieczeństwa obejmuje dwa konfigurowalne tryby bezpieczeństwa: *normalny* i *ograniczony*. Limity bezpieczeństwa można skonfigurować dla obu trybów. Tryb ograniczony jest aktywny, kiedy punkt TCP robota znajduje się poza płaszczyzną *wyzwalania trybu ograniczonego* lub po wyzwoleniu przez wejściowy sygnał bezpieczeństwa.

Po stronie płaszczyzny *wyzwalania trybu ograniczonego*, po której obowiązują definicje limitów trybu normalnego istnieje obszar 20 mm, gdzie dopuszczalny jest zestaw limitów trybu ograniczonego. Kiedy tryb ograniczony jest wyzwolony przez wejściowy sygnał bezpieczeństwa, oba zestawy limitów obowiązują przez 500 ms.

Tryb przywracania W przypadku naruszenia limitu bezpieczeństwa konieczne jest ponowne uruchomienie systemu bezpieczeństwa. Jeśli w chwili uruchomienia system znajduje się poza limitem bezpieczeństwa (np. poza limitem pozycji przegubu), następuje przejście do specjalnego trybu *przywracania*. W trybie przywracania robot nie może wykonywać programów, ale ramię robota można ręcznie przesunąć do tyłu do granic limitów, używając albo trybu *ruchu swobodnego*, albo karty Ruch w oprogramowaniu PolyScope (zob. część II „Podręcznik PolyScope”). Limity bezpieczeństwa trybu *przywracania* są następujące:

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Ograniczająca funkcja bezpieczeństwa	Limit
Prędkość przegubu	30 °/s
Prędkość TCP	250 mm/s
Siła TCP	100 N
Pęd	10 kg m/s
Moc	80 W

System bezpieczeństwa wykonuje zatrzymanie kategorii 0, jeśli nastąpi naruszenie tych limitów.

OSTRZEŻENIE:
Należy zauważyć, że w trybie przywracania wyłączone są limity dla *pozycji przegubów*, *pozycji punktu TCP* oraz *orientacji punktu TCP*. Należy zachować ostrożność podczas przesuwania ramienia robota w zakresie limitów.

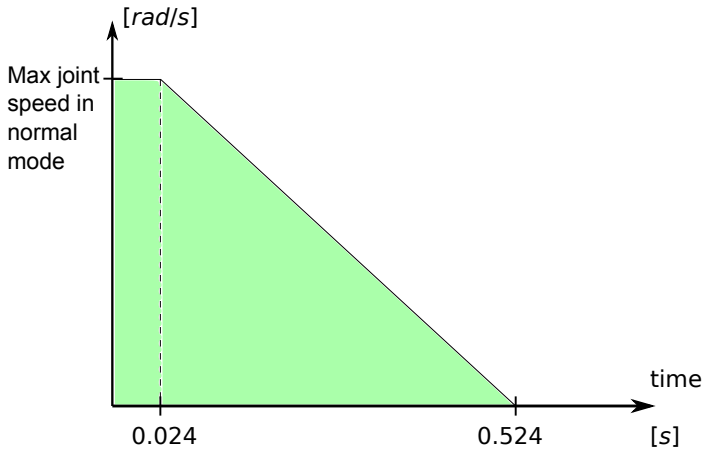
2.5 Interfejsy elektryczne właściwe dla bezpieczeństwa

Robot jest wyposażony w kilka wejść i wyjść elektrycznych właściwych dla bezpieczeństwa. Wszystkie elektryczne wejścia i wyjścia właściwe dla bezpieczeństwa są dwukanałowe. Bezpieczeństwo odpowiada niskiemu stanowi, np. zatrzymanie awaryjne jest nieaktywne, kiedy oba sygnały są w stanie wysokim (+24 V).

2.5.1 Wejścia elektryczne właściwe dla bezpieczeństwa

W poniższej tabeli przedstawiono przegląd elektrycznych wejść właściwych dla bezpieczeństwa.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.



Rysunek 2.2: Zielone pole poniżej nachylenia odpowiada dopuszczalnym prędkościom przegubu podczas hamowania. W chwili 0 procesor bezpieczeństwa wykrywa zdarzenie (zatrzymanie awaryjne lub przez zabezpieczenie). Wyhamowywanie rozpoczyna się po 24 ms.

Wejście bezpieczeństwa	Opis
Zatrzymanie awaryjne robota	(dedykowane wejście). Wykonanie zatrzymania kategorii 1, które można przekazać do innych maszyn przez wyjście *awaryjnego zatrzymania systemu*, jeśli jest skonfigurowane.
Przycisk zatrzymania awaryjnego	(przycisk sterownika uczenia). Wykonanie zatrzymania kategorii 1, które można przekazać do innych maszyn przez wyjście *awaryjnego zatrzymania systemu*, jeśli jest skonfigurowane.
Zatrzymanie awaryjne systemu	(konfigurowalne wejście). Wykonanie zatrzymania kategorii 1 Aby uniknąć zablokowania, ten sygnał nie będzie przekazywany do innych maszyn przez wyjście *awaryjnego zatrzymania systemu*.
Zatrzymanie przez zabezpieczenie	(dedykowane wejście). Wykonanie zatrzymania kategorii 2
Resetowanie zabezpieczeń	(konfigurowalne wejście). Przywraca robota ze stanu *zatrzymania przez zabezpieczenie*, kiedy wykryte zostanie zbocze na wejściu resetowania zabezpieczeń.
Tryb ograniczony	(konfigurowalne wejście). System bezpieczeństwa przechodzi do limitów trybu *ograniczonego*.
3-pozycyjne urządzenie zezwalające	(konfigurowalne wejście). Działa jako wejście zatrzymania przez zabezpieczenie w przypadku wysokiego stanu wejścia trybu pracy.
Tryb pracy	(konfigurowalne wejście). Tryb pracy można włączyć przy skonfigurowanym 3-pozycyjnym urządzeniu zezwalającym.

Zatrzymanie kategorii 1 i 2 powoduje wyhamowanie robota przy włączonym zasilaniu, co pozwala na zatrzymanie robota bez odchylania od bieżącego toru.

Monitorowanie wejść bezpieczeństwa Zatrzymania kategorii 1 i 2 są monitorowane przez system bezpieczeństwa w następujący sposób:

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

1. System bezpieczeństwa monitoruje, czy hamowanie rozpoczyna się w ciągu 24 ms, zob. rys. 2.2.
2. Jeśli przegub się porusza, jego prędkość jest monitorowana i nigdy nie może przekroczyć prędkości uzyskanej przez stałe wyhamowywanie z maksymalnego limitu prędkości przegubu dla trybu *normalnego* do 0 rad/s w ciągu 500 ms.
3. Jeśli przegub jest w spoczynku (jego prędkość jest niższa niż 0,2 rad/s), monitorowanie obejmuje brak ruchu o więcej niż 0,05 rad od położenia zaobserwowanego, kiedy zmierzona prędkość była niższa niż 0,2 rad/s.

Dodatkowo w przypadku zatrzymania kategorii 1 system monitoruje, czy po przejściu ramienia robota do stanu spoczynku odłączanie zasilania zakończy się w ciągu 600 ms. Ponadto po sygnale na wejściu zatrzymania przez zabezpieczenie ramię robota może wznowić ruch tylko po pojawieniu się narastającego zbocza na wejściu resetowania zabezpieczeń. Jeśli dowolny z powyższych warunków nie będzie spełniony, system bezpieczeństwa wykona zatrzymanie kategorii 0.

Przejście do trybu *ograniczonego* wyzwolonego przez wejście trybu ograniczonego jest monitorowane w następujący sposób:

1. System bezpieczeństwa przyjmuje oba zestawy limitów dla trybów *normalnego* i *ograniczonego* przez 500 ms od przełączenia wejścia trybu ograniczonego.
2. Po 500 ms obowiązują wyłącznie limity trybu *ograniczonego*.

Jeśli dowolny z powyższych warunków nie będzie spełniony, system bezpieczeństwa wykona zatrzymanie kategorii 0.

Zatrzymanie kategorii 0 jest wykonywane przez system bezpieczeństwa przy zachowaniu parametrów działania opisanych w poniższej tabeli. Czas reakcji dla najgorszego przypadku to czas do zatrzymania i *odłączenia zasilania* (rozładowanie do potencjału elektrycznego poniżej 7,3 V) robota przy maksymalnej prędkości ruchu i maksymalnym obciążeniu.

	Najgorszy przypadek		
Funkcja wejścia bezpieczeństwa	Czas detekcji	Czas odcięcia zasilania	Czas reakcji
Zatrzymanie awaryjne robota	250 ms	1000 ms	1250 ms
Przycisk zatrzymania awaryjnego	250 ms	1000 ms	1250 ms
Zatrzymanie awaryjne systemu	250 ms	1000 ms	1250 ms
Zatrzymanie przez zabezpieczenie	250 ms	1000 ms	1250 ms

2.5.2 Wyjścia elektryczne właściwe dla bezpieczeństwa

W poniższej tabeli przedstawiono przegląd elektrycznych wyjść właściwych dla bezpieczeństwa.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Wyjście bezpieczeństwa	Opis
Zatrzymanie awaryjne systemu	Stan logiczny niski, kiedy wejście *Zatrzymanie awaryjne robota* ma niski stan logiczny lub wciśnięty jest przycisk zatrzymania awaryjnego.
Robot się rusza	Kiedy ten sygnał jest w wysokim stanie logicznym, żaden z przegubów ramienia robota nie rusza się o więcej niż 0,1 rad.
Robot się nie zatrzymuje	Stan logiczny wysoki, kiedy robot jest zatrzymany lub w trakcie zatrzymywania spowodowanego przez zatrzymanie awaryjne lub przez zabezpieczenie. W przeciwnym przypadku będzie w logicznym stanie niskim.
Tryb ograniczony	Stan logiczny niski, kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie *ograniczonym*.
Poza trybem ograniczonym	Negacja wyjścia *trybu ograniczonego*.

Jeśli wyjście bezpieczeństwa nie jest odpowiednio ustawione, system bezpieczeństwa wykonuje zatrzymanie kategorii 0 przy następujących czasach reakcji dla najgorszego przypadku:

Wyjście bezpieczeństwa	Czas reakcji w najgorszym przypadku
Zatrzymanie awaryjne systemu	1100 ms
Robot się rusza	1100 ms
Robot się nie zatrzymuje	1100 ms
Tryb ograniczony	1100 ms
Poza trybem ograniczonym	1100 ms

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

3 Transport

Robota należy transportować w oryginalnym opakowaniu. Materiał opakowania należy zachować i przechowywać w suchym miejscu, ponieważ może zajść konieczność ponownego przeniesienia robota.

Podczas przenoszenia robota z opakowania do miejsca instalacji należy go podnosić, trzymając za obie rury ramienia jednocześnie. Robota należy podtrzymywać w miejscu do czasu, aż zaciśnięte zostaną wszystkie śruby mocujące przy podstawie robota.

Skrzynkę sterowniczą należy podnosić za uchwyt.

OSTRZEŻENIE:

1. Nie wolno dopuścić do nadwyrężenia kręgosłupa ani innych części ciała podczas podnoszenia sprzętu. Należy zastosować właściwy sprzęt do podnoszenia. Należy stosować się do wszystkich lokalnych i krajowych wytycznych dotyczących podnoszenia. Firma Universal Robots nie jest odpowiedzialna za żadne uszkodzenia wynikające z transportu wyposażenia.
2. Robot musi być zamontowany zgodnie z instrukcjami montażu podanymi w rozdziale 4.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

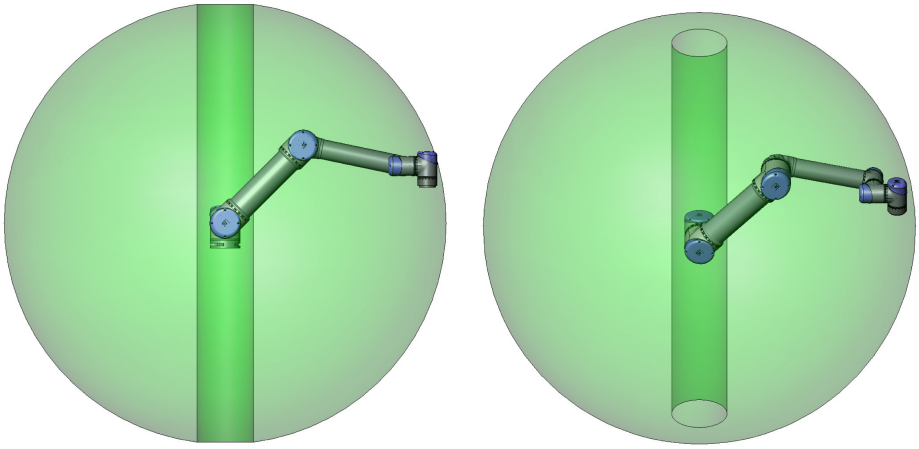
4 Interfejs mechaniczny

4.1 Wprowadzenie

W rozdziale opisano podstawy montażu różnych części systemu robota. Należy przestrzegać instrukcji instalacji elektrycznej z `rozdziału 5`.

4.2 Przestrzeń robocza robota

Przestrzeń robocza robota UR10 sięga 1300 mm od przegubu podstawowego. Podczas wyboru miejsca montażu robota ważne jest uwzględnienie cylindrycznej objętości bezpośrednio nad i pod podstawą robota. W miarę możliwości należy unikać przesuwania narzędzia w pobliże tej cylindrycznej objętości, ponieważ przeguby muszą wykonywać szybkie ruchy nawet przy wolnym ruchu narzędzia, co prowadzi do słabej wydajności pracy robota i utrudnia przeprowadzenie oceny ryzyka.



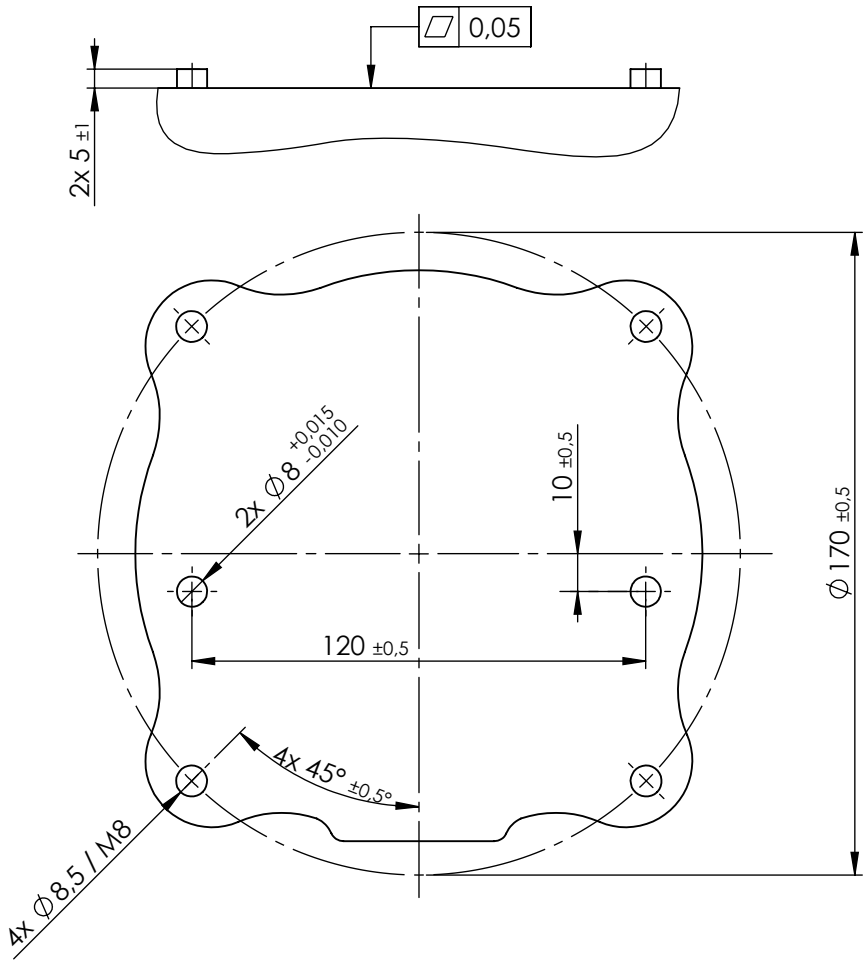
Widok z przodu | Widok pod kątem

4.3 Mocowanie

Ramię robota Ramię robota jest montowane za pomocą czterech śrub M8 i czterech otworów 8.5 mm w podstawie. Zaleca się zaciśnięcie tych śrub momentem 20 N m. Jeśli jest wymagane bardzo dokładne pozycjonowanie robota, przewidziano dwa otwory Ø8 umożliwiające zastosowanie kołków. W ofercie dostępny jest także dokładny odpowiednik podstawy jako wyposażenie akcesoryjne. Rysunek 4.1 przedstawia miejsce, w którym należy wywiercić otwory i zamocować śruby.

Robota należy zamontować na podłożu stabilnym i wystarczająco wytrzymałym, aby utrzymać co najmniej dziesięciokrotność pełnego momentu obrotowego przegubu podstawowego i pięciokrotność masy ramienia robota. Ponadto podłoże musi być wolne od wibracji.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.



Rysunek 4.1: Otwory montażowe robota. Użyć czterech śrub M8. Wszystkie wymiary są podane w mm.

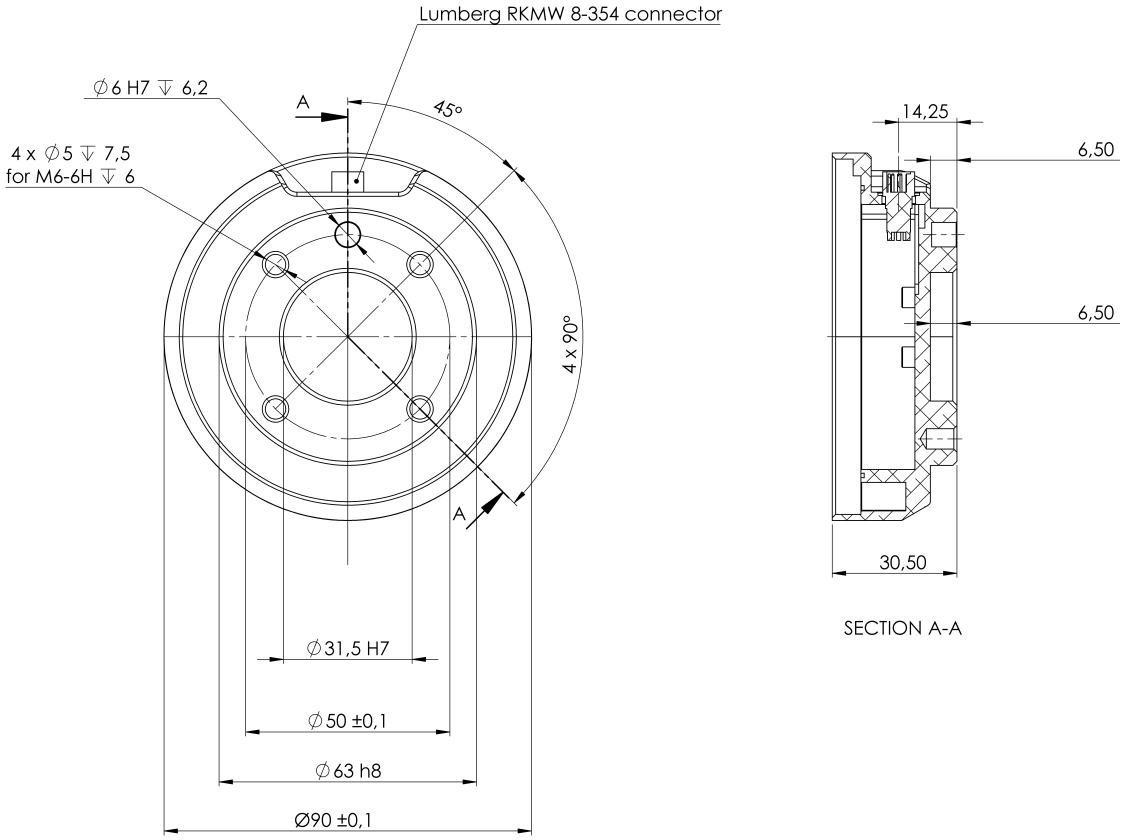
Jeśli robot ma być montowany na liniowym napędzie lub ruchomej platformie, to przyspieszenie ruchomej bazy montażowej powinno być bardzo małe. Duże przyspieszenie może doprowadzić do zatrzymania robota przez zinterpretowanie przyspieszenia jako uderzenia.

NIEBEZPIECZEŃSTWO:
Ramię robota musi być mocno i bezpiecznie przykręcone. Podłoże montażowe musi być wytrzymałe.

PRZESTROGA:
W przypadku dłuższego zanurzenia robota w wodzie może dojść do jego uszkodzenia. Robot nie powinien być montowany w wodzie ani w mokrym środowisku.

Narzędzie Kołnierz narzędzia robota ma cztery otwory z gwintem M6, służące do mocowania narzędzia do robota. Śruby M6 należy dokręcić momentem 9 N m.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.



Rysunek 4.2: Kołnierz wyjściowy narzędzia, ISO 9409-1-50-4-M6. Jest to miejsce montażu narzędzia na końcu robota. Wszystkie wymiary są podane w mm.

Jeśli jest wymagane bardzo dokładne pozycjonowanie narzędzia, przewidziano otwór Ø6 umożliwiający zastosowanie kołka. Rysunek 4.2 przedstawia miejsce, w którym należy wywiercić otwory i zamocować śruby.

NIEBEZPIECZEŃSTWO:

1. Narzędzie musi być mocno i bezpiecznie przykręcone.
2. Narzędzie powinno być tak skonstruowane, aby nie stwarzało groźnych sytuacji przez nieoczekiwane upuszczenie części.

Skrzynka sterownicza Skrzynkę sterowniczą można zawiesić na ścianie lub umieścić na podłodze. Wymagane są odstępy 50 mm z każdej strony umożliwiające odpowiedni przepływ powietrza. Można zakupić dodatkowe wsporniki montażowe.

Sterownik uczenia Sterownik uczenia można zawiesić na ścianie lub na skrzynce sterowniczej. Można zakupić dodatkowe wsporniki do mocowania sterownika uczenia. Należy zabezpieczyć kable przed możliwością potknięcia się o nie.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

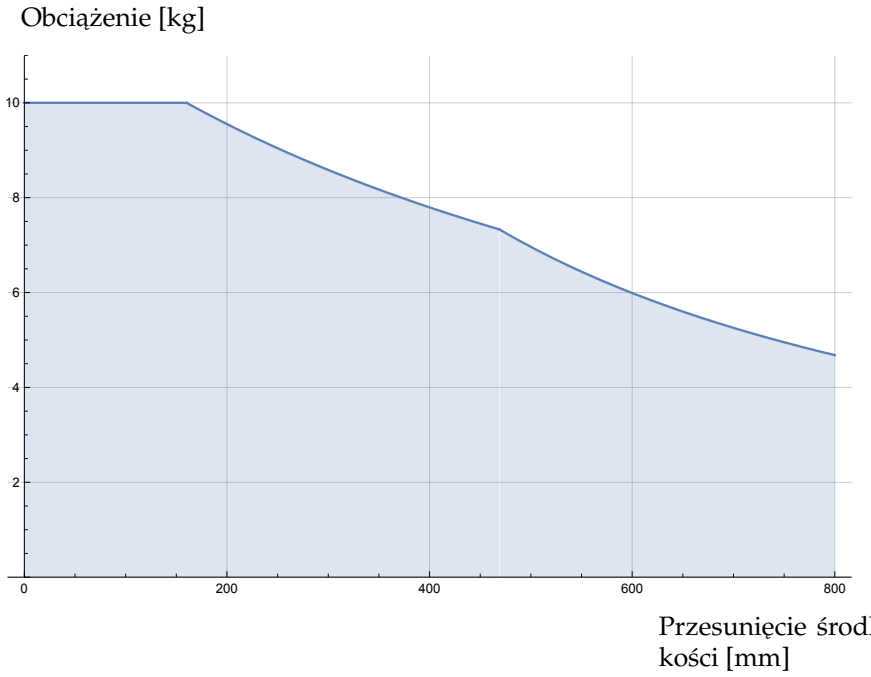
NIEBEZPIECZEŃSTWO:

1. Skrzynka sterownicza, sterownik uczenia ani kable nie mogą mieć kontaktu z cieczami. Mokra skrzynka sterownicza może być przyczyną śmierci.
2. Skrzynki sterowniczej i sterownika uczenia nie wolno narażać na zapylone ani mokre otoczenie wymagające ochrony przekraczającej IP20. Należy zwrócić szczególną uwagę na obecność pyłów przewodzących.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

4.4 Maksymalna ładowność

Maksymalna dopuszczalna ładowność ramienia robota zależy od *przesunięcia środka ciężkości*, zob. rys. 4.3. Przesunięcie środka ciężkości to odległość między środkiem kołnierza wyjściowego narzędzia a środkiem ciężkości.



Rysunek 4.3: Stosunek między maksymalną dopuszczalną ładownością a przesunięciem środka ciężkości.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

5 Interfejs elektryczny

5.1 Wprowadzenie

W tej sekcji opisano wszystkie elektryczne interfejsy w ramieniu robota i w skrzynce sterowniczej.

Różne interfejsy podzielono na pięć grup zróżnicowanych pod względem przeznaczenia i właściwości:

- We/wy sterownika
- Sygnały we/wy narzędzia
- Ethernet
- Połączenie zasilania sieciowego
- Połączenie robota

Określenie **we/wy** opisuje sygnały sterowania cyfrowe oraz analogowe, wejściowe oraz wyjściowe interfejsu.

Tych pięć grup opisano w kolejnych sekcjach. Dla większości rodzajów we/wy podano przykłady.

Ostrzeżenia i przestrogi z kolejnej sekcji dotyczą wszystkich pięciu grup i należy ich przestrzegać.

5.2 Ostrzeżenia i przestrogi dotyczące elementów elektrycznych

Należy przestrzegać poniższych ostrzeżeń i przestróg podczas opracowywania i instalacji układu robota. Ostrzeżenia i przestrogi obejmują również prace serwisowe.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

NIEBEZPIECZEŃSTWO:

1. Nigdy nie należy podłączać sygnałów bezpieczeństwa do logicznego sterownika programowalnego (PLC), który nie jest sterownikiem PLC bezpieczeństwa o odpowiednim poziomie zabezpieczenia. Nieprzestrzeganie tego ostrzeżenia może prowadzić do poważnych obrażeń lub śmierci, ponieważ funkcje bezpieczeństwa mogą zostać nadpisane. Istotne jest, aby sygnały interfejsu bezpieczeństwa były odseparowane od sygnałów zwykłego interfejsu we/wy.
2. Wszystkie sygnały bezpieczeństwa są opracowane jako nadmiarowe (dwa niezależne kanały). Dwa kanały należy utrzymywać jako niepołączone, tak aby pojedyncza awaria nie prowadziła do utraty funkcji bezpieczeństwa.
3. Niektóre we/wy wewnątrz skrzynki sterowniczej można skonfigurować do pracy normalnej lub bezpieczeństwa. Należy przeczytać ze zrozumieniem całą `sekcję 5.3`.

NIEBEZPIECZEŃSTWO:

1. Całe wyposażenie, które nie jest przeznaczone do kontaktu z wodą, musi pozostawać suche. Jeśli woda przedostanie się do wnętrza produktu, należy odciąć i oznaczyć wszystkie źródła zasilania i skontaktować się z dostawcą.
2. Wolno używać wyłącznie oryginalnych kabli dostarczonych z robotem. Nie wolno używać robota do zastosowań, w których kable mogą ulegać napinaniu. Jeśli potrzebne są dłuższe lub elastyczne kable, należy skontaktować się z dostawcą.
3. Połączenia ujemne są oznaczane jako **GND** i są połączone z osłoną robota i skrzynki sterownika. Wszystkie wymienione połączenia **GND** stosowane są wyłącznie w układach zasilania i sygnalizacji. W przypadku uziemienia ochronnego (PE) należy zastosować zaciski śrubowe M6 z symbolem uziemienia, znajdujące się wewnątrz skrzynki sterowniczej. Przewodnik uziemienia powinien mieć klasyfikację prądową co najmniej właściwą dla najwyższego natężenia w systemie.
4. Należy zachować ostrożność przy podłączaniu kabli interfejsu do wejść i wyjść robota. Metalowa płyta w dolnej części jest przeznaczona do złącz i kabli interfejsu. Płytę należy usunąć przed wierceniem otworów. Przed ponownym zamontowaniem płyty konieczne jest usunięcie wszystkich wiórów. Należy używać dławic kablowych o właściwych rozmiarach.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

PRZESTROGA:

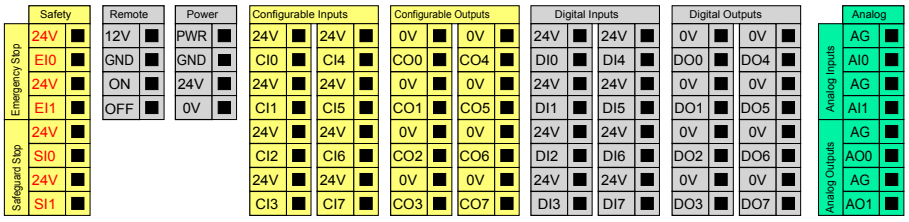
1. Robot został przebadany zgodnie z międzynarodowymi normami IEC dotyczącymi kompatybilności elektromagnetycznej (EMC). Sygnały zakłócające o poziomie przekraczającym poziom zdefiniowany we właściwych normach IEC mogą spowodować nieoczekiwane zachowanie robota. Bardzo wysokie poziomy sygnałów lub nadmierne narażenie mogą trwale uszkodzić robota. Problemy z kompatybilnością elektromagnetyczną zwykle występują w procesach spawalniczych i zwykle są opisywane w dzienniku komunikatami o błędach. Firma Universal Robots nie może być pociągnięta do odpowiedzialności za żadne problemy wynikające z kwestii kompatybilności elektromagnetycznej.
2. Długość kabli we/wy pomiędzy skrzynką sterowniczą a innymi maszynami i wyposażeniem fabrycznym nie może być większa niż 30 m, chyba że wykonano odpowiednie testy.

UWAGA:
Wszystkie napięcia i natężenia są podane dla prądu stałego (DC), chyba że określono inaczej.

5.3 We/wy sterownika

W tym rozdziale objaśniono sposoby podłączenia wyposażenia do wejść/wyjść wewnątrz . We/wy są bardzo elastyczne i można ich używać do łączenia zróżnicowanego sprzętu, m.in. pneumatycznych przekaźników, sterowników PLC i przycisków zatrzymania awaryjnego.

Poniższa ilustracja przedstawia interfejs elektryczny wewnątrz skrzynki sterowniczej.



Należy przestrzegać znaczenia różnych kolorów, zob. poniżej.

Żółty z czerwonym tekstem	Specjalne sygnały bezpieczeństwa
Żółty z czarnym tekstem	Konfigurowalne jako bezpieczeństwa
Szary z czarnym tekstem	Cyfrowe we/wy ogólnego przeznaczenia
Zielony z czarnym tekstem	Analogowe we/wy ogólnego przeznaczenia

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

We/wy **konfigurowalne** można skonfigurować w interfejsie GUI jako we/wy z klasyfikowanym bezpieczeństwem lub we/wy ogólnego przeznaczenia. Więcej informacji zawiera część II.

Używanie cyfrowych we/wy opisano w kolejnych podsekcjach. Należy przestrzegać informacji z sekcji opisującej wspólne parametry.

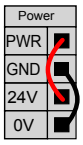
5.3.1 Wspólne parametry dla wszystkich we/wy cyfrowych

W tej sekcji zdefiniowano parametry elektryczne dla poniższych we/wy cyfrowych 24 V ze skrzynki sterowniczej.

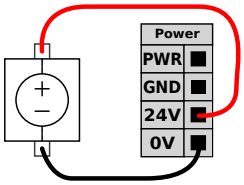
- Wejść/wyjść bezpieczeństwa.
- Konfigurowalne wejść/wyjść.
- Ogólne przeznaczenie wejś/wyjś.

Bardzo ważne jest instalowanie robotów UR zgodnie ze specyfikacjami elektrycznymi, które są takie same dla wszystkich trzech rodzajów wejść.

Zasilanie we/wy cyfrowych możliwe jest przez wewnętrzne źródło 24 V lub zewnętrzne źródło zasilania przez skonfigurowanie bloku zaciskowego opisanego jako **Power** (Zasilanie). Blok składa się z czterech zacisków. Dwa górne (PWR i GND) to 24 V oraz uziemienie wewnętrznego zasilania 24 V. Dwa niższe zaciski bloku (24 V i 0 V) to wejście 24 V źródła zasilania wejść i wyjść. Domyślna konfiguracja przewiduje wykorzystanie wewnętrznego źródła zasilania, zob. poniżej.



Jeśli konieczne jest zwiększenie prądu, w niżej pokazany sposób można podłączyć zewnętrzne źródło zasilania.



Parametry elektryczne dla wewnętrznego i zewnętrznego źródła zasilania przedstawiono poniżej.

Zaciski	Parametr	Min.	Typ.	Maks.	Jednostka
Wewnętrzne zasilanie 24 V					
[PWR – GND]	Napięcie	23	24	25	V
[PWR – GND]	Prąd	0	-	2	A
Wymagania zewnętrznego wejścia 24 V					
[24 V – 0 V]	Napięcie	20	24	29	V
[24 V – 0 V]	Prąd	0	-	6	A

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Cyfrowe we/wy są zbudowane zgodnie z normą IEC 61131-2. Parametry elektryczne przedstawiono poniżej.

Zaciski	Parametr	Min.	Typ.	Maks.	Jednostka
Wyjścia cyfrowe					
[COx / DOx]	Natężenie prądu*	0	-	1	A
[COx / DOx]	Spadek napięcia	0	-	0,5	V
[COx / DOx]	Prąd upływu	0	-	0,1	mA
[COx / DOx]	Funkcja	-	PNP	-	Typ
[COx / DOx]	IEC 61131-2	-	1 A	-	Typ
Wejścia cyfrowe					
[EIx/SIx/CIx/DIx]	Napięcie	-3	-	30	V
[EIx/SIx/CIx/DIx]	Obszar WYŁ.	-3	-	5	V
[EIx/SIx/CIx/DIx]	Obszar WŁ.	11	-	30	V
[EIx/SIx/CIx/DIx]	Natężenie (11–30 V)	2	-	15	mA
[EIx/SIx/CIx/DIx]	Funkcja	-	PNP	-	Typ
[EIx/SIx/CIx/DIx]	IEC 61131-2	-	3	-	Typ

Uwaga: *Dla obciążeń rezystancyjnych lub indukcyjnych maksymalnie przy 1h.

UWAGA:
Słowo **konfigurowalne** oznacza we/wy, które można skonfigurować do pracy jako we/wy z klasyfikowanym bezpieczeństwem lub normalne. Są to żółte zaciski opisane czarnym tekstem.

5.3.2 We/wy bezpieczeństwa

W tej sekcji opisano wejścia bezpieczeństwa dedykowane (żółte zaciski z czerwonym tekstem) oraz konfigurowalne (żółte zaciski z czarnym tekstem), kiedy są skonfigurowane jako we/wy bezpieczeństwa. Należy przestrzegać wspólnych specyfikacji z `sekcji 5.3.1`.

Sprzęt i urządzenia bezpieczeństwa muszą być instalowane zgodnie z instrukcjami bezpieczeństwa i z oceną ryzyka, `(zob. rozdział 1)`.

Wszystkie we/wy występują w parach (są nadmiarowe) i muszą być zachowywane w dwóch osobnych gałęziach. Pojedyncza awaria nie może powodować utraty funkcji bezpieczeństwa.

Dwa stałe wejścia bezpieczeństwa to `Zatrzymanie awaryjne robota` i `Zatrzymanie przez zabezpieczenie`. Wejście Zatrzymanie awaryjne robota służy wyłącznie do wyposażenia zatrzymania awaryjnego. Wejście Zatrzymanie przez zabezpieczenie jest przeznaczone do wyposażenia ochronnego wszelkiego rodzaju. Poniżej przedstawiono różnice funkcjonalne.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

	Zatrzymanie awaryjne	Zatrzymanie przez zabezpieczenie
Robot przestaje się poruszać	Tak	Tak
Wykonanie programu	Zatrzymanie	Pauza
Zasilanie robota	Wył.	Wł.
Resetowanie	Ręcznie	Automatycznie lub ręcznie
Częstotliwość użycia	Sporadycznie	W każdym cyklu do rzadko
Wymaga ponownego zainicjowania	Tylko zwolnienie hamulca	Nie
Kategoria zatrzymania (IEC 60204-1)	1	2
Poziom działania funkcji monitorowania (ISO 13849-1)	PLd	PLd

Konfigurowalnych wejść i wyjść można użyć do skonfigurowania dodatkowych funkcji we/wy bezpieczeństwa, np. wyjścia zatrzymania awaryjnego. Zestaw konfigurowalnych we/wy można ustawić jako funkcje bezpieczeństwa poprzez interfejs GUI, zob. część II.

W kolejnych podsekcjach znajduje się kilka przykładów zastosowania we/wy bezpieczeństwa.

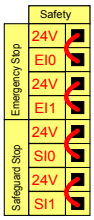
NIEBEZPIECZEŃSTWO:

1. Nigdy nie należy podłączać sygnałów bezpieczeństwa do logicznego sterownika programowalnego (PLC), który nie jest sterownikiem PLC bezpieczeństwa o odpowiednim poziomie zabezpieczenia. Nieprzestrzeganie tego ostrzeżenia może prowadzić do poważnych obrażeń lub śmierci, ponieważ funkcje bezpieczeństwa mogą zostać nadpisane. Istotne jest, aby sygnały interfejsu bezpieczeństwa były odseparowane od sygnałów zwykłego interfejsu we/wy.
2. Wszystkie we/wy o klasyfikowanym bezpieczeństwie są opracowane jako nadmiarowe (dwa niezależne kanały). Dwa kanały należy utrzymywać jako niepołączone, tak aby pojedyncza awaria nie prowadziła do utraty funkcji bezpieczeństwa.
3. Działanie funkcji bezpieczeństwa musi być zweryfikowane, zanim robot rozpocznie pracę. Funkcje bezpieczeństwa należy regularnie kontrolować.
4. Instalacja robota powinna być zgodna z tymi parametrami. Zaniedbanie może prowadzić do poważnych obrażeń lub śmierci, ponieważ funkcja bezpieczeństwa może zostać nadpisana.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

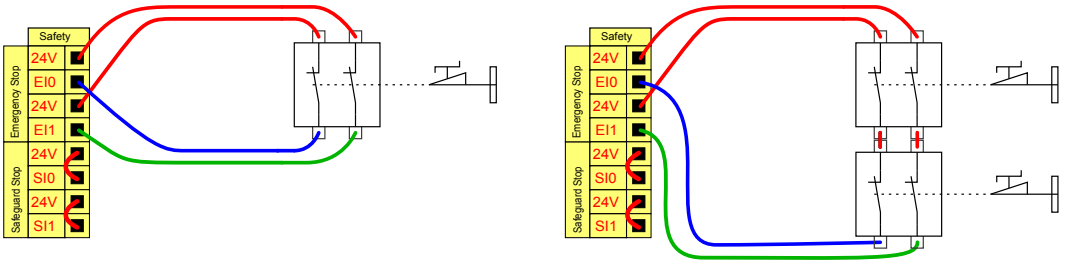
5.3.2.1 Domyślna konfiguracja bezpieczeństwa

Robot jest dostarczany z konfiguracją domyślną, w której dozwolona jest praca bez żadnego dodatkowego wyposażenia bezpieczeństwa, zob. rysunek poniżej.



5.3.2.2 Podłączenie przycisków zatrzymania awaryjnego

W większości zastosowań wymaga się przyłączenia jednego lub więcej dodatkowych przycisków zatrzymania awaryjnego. Na poniższym rysunku pokazano sposób przyłączenia jednego i więcej przycisków zatrzymania awaryjnego.



5.3.2.3 Współdzielenie przycisku awaryjnego z innymi urządzeniami

Często wymagane jest skonfigurowanie wspólnego obwodu zatrzymania awaryjnego, kiedy robot współpracuje z innymi maszynami. W ten sposób operator nie musi się zastanawiać, który z przycisków awaryjnych nacisnąć.

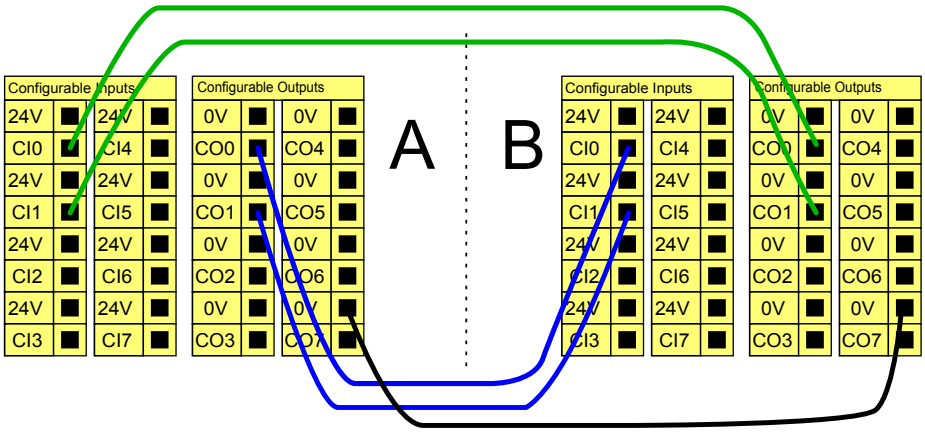
Wejście Zatrzymanie awaryjne robota nie może być używane w celach współdzielonych, ponieważ każda maszyna będzie oczekiwać, aż druga wyjdzie ze stanu zatrzymania awaryjnego.

Aby współdzielić funkcję zatrzymania awaryjnego z innymi maszynami, konieczne jest skonfigurowanie w interfejsie GUI następujących funkcji w konfigurowalnych we/wy.

- Para wejść konfigurowalnych: Zewnętrzne zatrzymanie awaryjne.
- Para wyjść konfigurowalnych: Zatrzymanie awaryjne systemu.

Poniższa ilustracja pokazuje współdzielenie funkcji zatrzymania awaryjnego między dwoma robotami UR. W tym przykładzie wykorzystano skonfigurowane we/wy „CI0-CI1” oraz „CO0-CO1”.

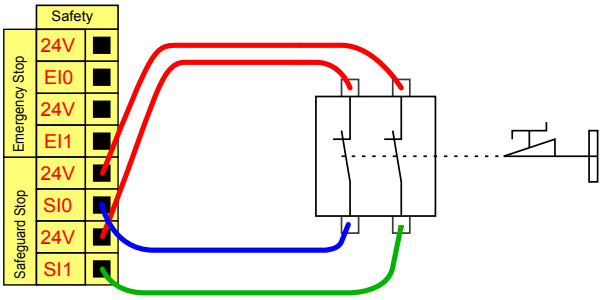
Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.



Jeśli zachodzi konieczność połączenia dwóch robotów UR lub innych maszyn, do kontrolowania sygnałów zatrzymania awaryjnego wymagany jest sterownik PLC bezpieczeństwa.

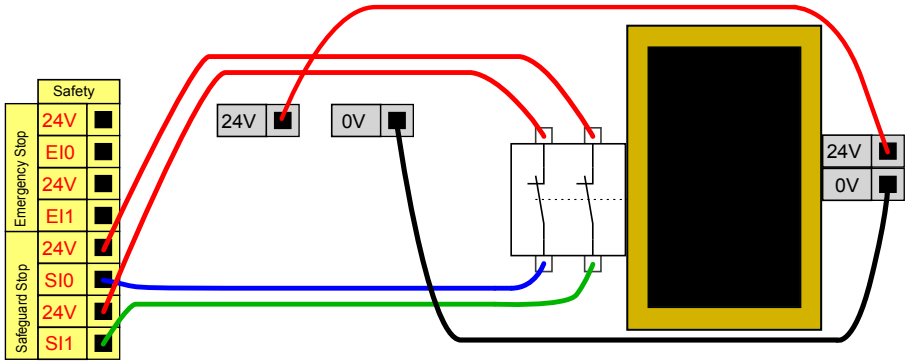
5.3.2.4 Zatrzymanie przez zabezpieczenie z automatycznym wznowieniem

Przykładem podstawowego urządzenia zatrzymania awaryjnego jest przełącznik drzwiowy, który zatrzymuje robota po otwarciu drzwi, zob. rysunek poniżej.



Ta konfiguracja jest przeznaczona wyłącznie do zastosowań, w których operator nie może przejść przez drzwi i ich za sobą zamknąć. We/wy konfigurowalne mogą posłużyć do zainstalowania przycisku resetowania poza drzwiami, przywracającego ruch robota.

Innym przykładem, w którym automatyczne wznowienie może być przydatne jest zastosowanie maty lub laserowego skanera bezpieczeństwa, zob. poniżej.



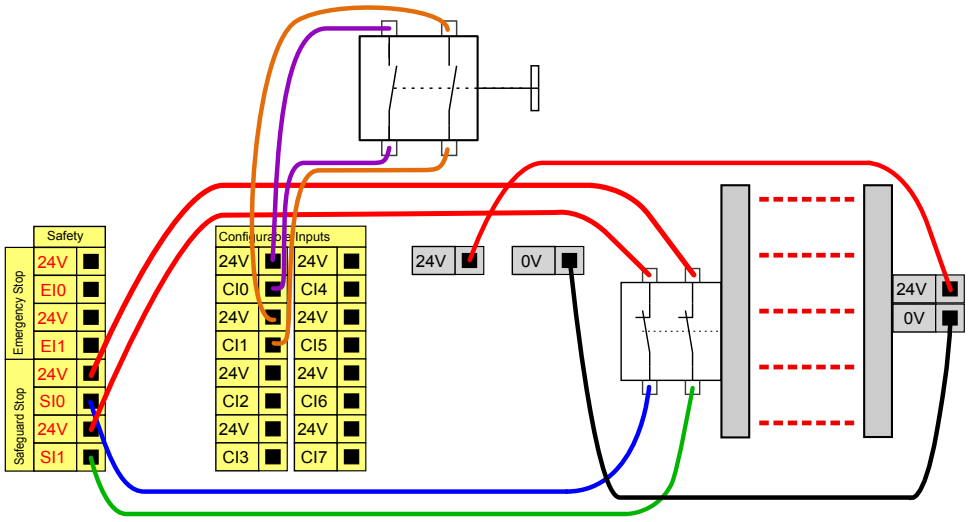
Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

NIEBEZPIECZEŃSTWO:

1. Robot wznawia ruch automatycznie po unormowaniu sygnału zabezpieczenia. Nie wolno używać takiej konfiguracji, jeśli sygnał może być przywrócony od wewnątrz obwodu bezpieczeństwa.

5.3.2.5 Zatrzymanie przez zabezpieczenie z przyciskiem resetowania

Jeśli przez interfejs bezpieczeństwa podłączona jest kurtyna świetlna, wymagana jest funkcja resetowania znajdująca się poza obwodem bezpieczeństwa. Przycisk resetowania musi być typu dwukanałowego. W tym przykładzie we/wy skonfigurowane dla funkcji resetowania to „CI0-CI1", zob. poniżej.



5.3.3 Cyfrowe we/wy ogólnego przeznaczenia

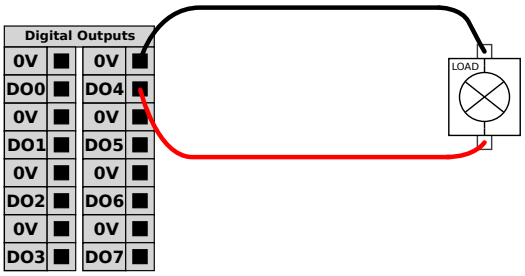
W tej sekcji opisano we/wy 24 V ogólnego przeznaczenia (szare zaciski) i konfigurowalne (żółte zaciski z czarnym tekstem), kiedy nie są skonfigurowane jako we/wy bezpieczeństwa. Należy przestrzegać wspólnych specyfikacji z sekcji 5.3.1.

We/wy ogólnego przeznaczenia można używać do bezpośredniego sterowania wyposażenia, np. przekaźników pneumatycznych lub do komunikacji z innymi systemami PLC. Cyfrowe wyjścia można automatycznie wyłączać po zatrzymaniu wykonywania programu, więcej informacji zawiera część II. W tym trybie wyjście ma zawsze stan niski, gdy program nie działa. Przykłady zamieszczono w dalszych podsekcjach. W tych przykładach użyto zwykłych wyjść cyfrowych, lecz możliwe jest wykorzystanie dowolnych wyjść konfigurowalnych, jeśli nie są skonfigurowane do funkcji bezpieczeństwa.

5.3.3.1 Obciążenie sterowane przez wyjście cyfrowe

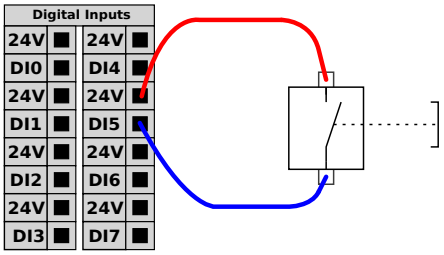
Ten przykład ilustruje, jak podłączyć obciążenie, które ma być kontrolowane przez wyjście cyfrowe. Zob. poniżej.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.



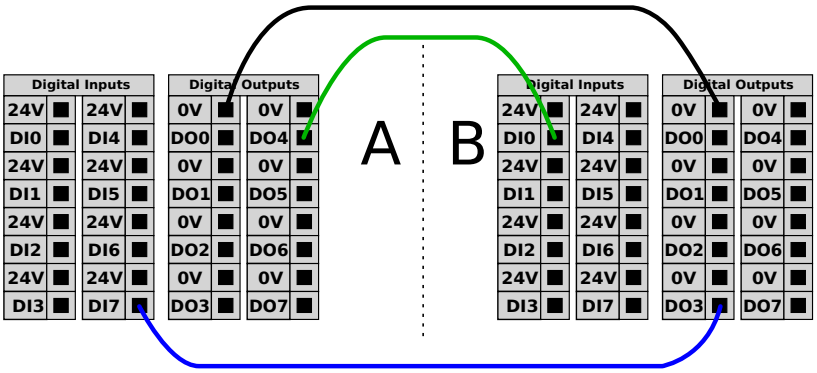
5.3.4 Wejście cyfrowe z przycisku

Poniższy przykład pokazuje, w jaki sposób podłączyć prosty przycisk do wejścia cyfrowego.



5.3.5 Komunikacja z innymi maszynami lub sterownikami PLC

Cyfrowych we/wy można używać do komunikacji z innym wyposażeniem, jeśli istnieje wspólna masa (GND, 0 V) i w maszynach wykorzystano technologię PNP, zob. poniżej.



5.3.6 Analogowe we/wy ogólnego przeznaczenia

Interfejs analogowych we/wy jest zielony. Może służyć do ustalenia lub pomiaru napięcia (0–10 V) lub natężenia (4–20 mA) od i do innego wyposażenia.

Aby uzyskać najwyższą dokładność, zaleca się spełnienie poniższych warunków.

- Użyć zacisku AG najbliższego we/wy. Para dzieli filtr trybu wspólnego.
- Użyć tego samego uziemienia (GND, 0 V) dla sprzętu i skrzynki sterowniczej. Analogowe we/wy nie są galwanicznie izolowane od skrzynki sterowniczej.
- Użyć kabla ekranowanego lub par skręcanych. Połączyć ekran z zaciskiem „GND” przy złączu oznaczonym „Power” (Zasilanie).

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

- Użyć sprzętu pracującego w trybie prądowym. Sygnały prądowe są mniej wrażliwe na zakłócenia.

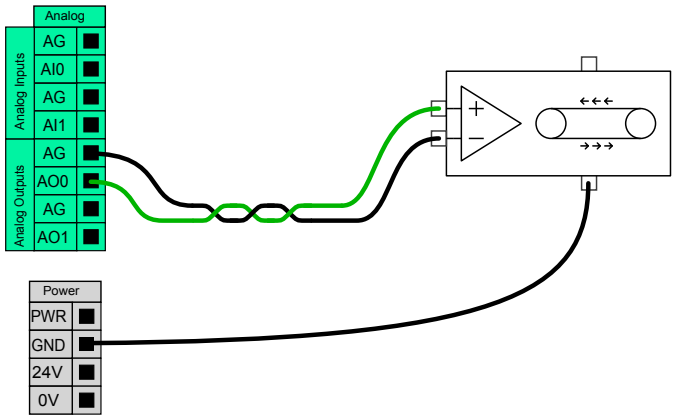
Tryby wejściowe można wybierać w interfejsie graficznym GUI, zob. część II. Parametry elektryczne przedstawiono poniżej.

Zaciski	Parametr	Min.	Typ.	Maks.	Jednostka
Wejście analogowe w trybie prądowym					
[AIx – AG]	Prąd	4	-	20	mA
[AIx – AG]	Rezystancja	-	20	-	om
[AIx – AG]	Rozdzielczość	-	12	-	bit
Wejście analogowe w trybie napięciowym					
[AIx – AG]	Napięcie	0	-	10	V
[AIx – AG]	Rezystancja	-	10	-	kom
[AIx – AG]	Rozdzielczość	-	12	-	bit
Wyjście analogowe w trybie prądowym					
[AOx – AG]	Prąd	4	-	20	mA
[AOx – AG]	Napięcie	0	-	10	V
[AOx – AG]	Rozdzielczość	-	12	-	bit
Wyjście analogowe w trybie napięciowym					
[AOx – AG]	Napięcie	0	-	10	V
[AOx – AG]	Prąd	-20	-	20	mA
[AOx – AG]	Rezystancja	-	1	-	om
[AOx – AG]	Rozdzielczość	-	12	-	bit

W kolejnych przykładach przedstawiono, jak wykorzystać wejścia i wyjścia analogowe.

5.3.6.1 Użycie wyjścia analogowego

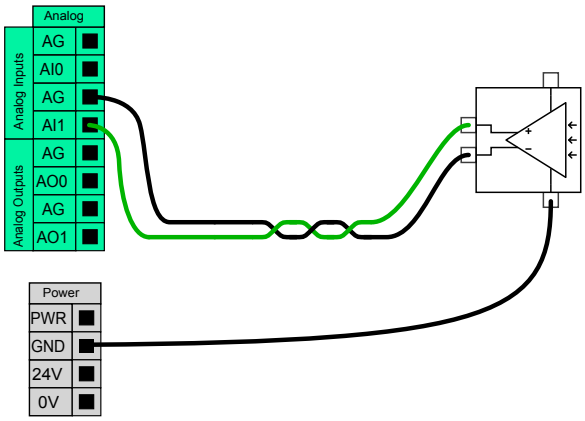
Poniżej przedstawiono przykład, w jaki sposób kontrolować przenośnik pasowy przez analogowe wejście sterowania prędkością.



5.3.6.2 Używanie analogowego wejścia

Poniżej przedstawiono przykładowe połączenie czujnika analogowego.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.



5.3.7 Zdalne sterowanie włączaniem i wyłączaniem

Możliwe jest wykorzystanie zdalnego sterowania WŁ./WYŁ., aby włączać i wyłączać skrzynkę sterowniczą bez sterownika uczenia. Zwykle jest to stosowane w następujących zastosowaniach:

- kiedy sterownik uczenia jest niedostępny,
- kiedy konieczne jest utrzymanie pełnej kontroli przez system PLC,
- kiedy kilka robotów musi być włączanych i wyłączanych jednocześnie.

Zdalne sterowanie WŁ./WYŁ. udostępnia dodatkowe zasilanie 12 V małej mocy, które pozostaje aktywne kiedy skrzynka sterownika jest wyłączona. Wejścia „Wł." i „Wył." są przeznaczone wyłącznie do krótkotrwałej aktywacji. Wejście „włączające" działa tak samo, jak przycisk włączenia zasilania. Do zdalnego „wyłączania" należy zawsze używać wejścia „Wył.", ponieważ ten sygnał pozwala skrzynce sterowniczej na zapisanie, otwieranie plików i prawidłowe zamknięcie.

Parametry elektryczne przedstawiono poniżej.

Zaciski	Parametr	Min.	Typ.	Maks.	Jednostka
[12 V – GND]	Napięcie	10	12	13	V
[12 V – GND]	Prąd	-	-	100	mA
[ON / OFF]	Napięcie nieaktywne	0	-	0,5	V
[ON / OFF]	Napięcie aktywne	5	-	12	V
[ON / OFF]	Prąd wejściowy	-	1	-	mA
[ON]	Czas aktywacji	200	-	600	ms

W kolejnych przykładach przedstawiono, jak wykorzystać funkcję zdalnego WŁ./WYŁ.

UWAGA:
W oprogramowaniu można wykorzystać specjalną funkcję do automatycznego ładowania i uruchamiania programów, zob. część II.

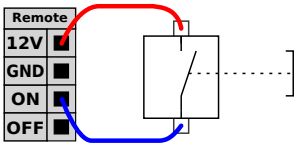
Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

PRZESTROGA:

1. Nigdy nie wolno używać wejścia „Wł." ani przycisku zasilania do wyłączania skrzynki sterowniczej.

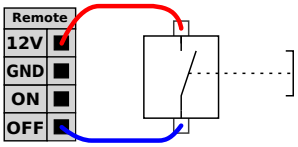
5.3.7.1 Zdalny przycisk włączania

Poniższy rysunek pokazuje sposób podłączenia zdalnego przycisku włączania.



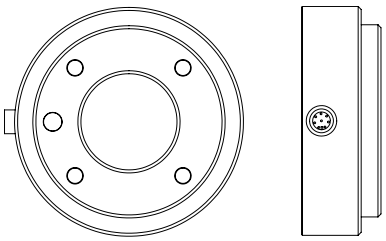
5.3.7.2 Zdalny przycisk wyłączania

Poniższy rysunek pokazuje sposób podłączenia zdalnego przycisku wyłączania.



5.4 Narzędzie wejść/wyjść

Na końcówce narzędzia robota znajduje się niewielkie złącze z ośmioma stykami, zob. rysunek poniżej.



Przez to złącze podawane jest zasilanie oraz sygnały sterowania do zacisków i czujników używanych na danym narzędziu robota. Odpowiednie są poniższe kable przemysłowe:

- Lumberg RKM V 8-354.

Osiem żył wewnątrz kabla ma różne kolory. Różne kolory odpowiadają różnym funkcjom, jak podano w poniższej tabeli.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Kolor	Sygnał
Czerwony	0V (GND)
Szary	0V/+12V/+24V (ZASILANIE)
Niebieski	Wyjście narzędzia 0 (TO0)
Różowy	Wyjście narzędzia 1 (TO1)
Żółty	Wejście narzędzia 0 (TI0)
Zielony	Wejście narzędzia 1 (TI1)
Biały	Wejście analogowe 2 (AI2)
Brązowy	Wejście analogowe 3 (AI3)

Wewnętrzne źródło zasilania można ustawić na poziomie 0 V, 12 V albo 24 V na karcie we/wy znajdującej się w interfejsie graficznym użytkownika, zob. część II. Parametry elektryczne przedstawiono poniżej:

Parametr	Min.	Typ.	Maks.	Jednostka
Napięcie zasilania w trybie 24V	-	24	-	V
Napięcie zasilania w trybie 12V	-	12	-	V
Prąd zasilania w obu trybach*	-	-	600	mA

Uwaga: *Zaleca się stosowanie ochronnej diody w przypadku obciążeń indukcyjnych

W dalszych sekcjach opisano różne wejścia i wyjścia narzędzia.

NIEBEZPIECZEŃSTWO:

1. Narzędzia i chwytaki należy łączyć tak, żeby przerwa w zasilaniu nie powodowała zagrożeń, np. wypadnięcia elementu obrabianego z narzędzia.
2. Podczas posługiwania się napięciem 12 V należy zachować ostrożność, gdyż wskutek błędu programisty może nastąpić zmiana napięcia na 24 V, co może doprowadzić do awarii urządzeń i pożaru.

UWAGA:
Kołnierz narzędzia jest podłączany do uziemienia GND (identycznie z przewodem koloru czerwonego).

5.4.1 Cyfrowe wyjścia narzędzia

Cyfrowe wyjścia wykorzystują technologię NPN. Gdy wyjście cyfrowe jest aktywne, odpowiednie połączenie dochodzi do GND, a gdy jest nieaktywne, odpowiednie połączenie jest otwarte (otwarty-kolektor/otwarty-upływ). Parametry elektryczne przedstawiono poniżej:

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Parametr	Min.	Typ.	Maks.	Jednostka
Napięcie przy rozwarciu	-0,5	-	26	V
Napięcie przy ujściu 1 A	-	0,05	0,20	V
Prąd przy ujściu	0	-	600	mA
Prąd przez uziemienie GND	0	-	600	mA

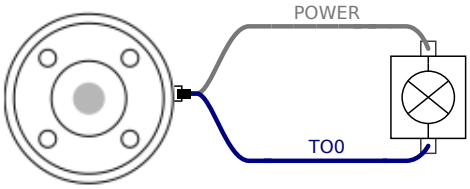
W kolejnej podsekcji znajduje się przykład zastosowania wyjścia cyfrowego.

PRZESTROGA:

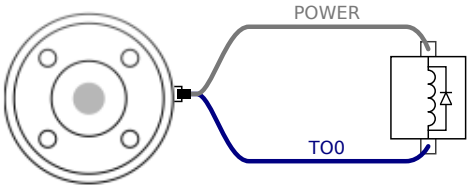
1. Wyjścia cyfrowe w narzędziu nie mają ograniczeń prądowych, dlatego zastępowanie określonych danych może spowodować trwałe uszkodzenie.

5.4.1.1 Używanie cyfrowych wyjść narzędzia

Poniższy przykład ilustruje, w jaki sposób włączyć obciążenie, jeśli używane jest wewnętrzne źródło zasilania 12 V lub 24 V. Należy pamiętać, aby zdefiniować napięcie wyjściowe na karcie we/wy. Należy pamiętać, że między złączem ZASILANIA a złączem ekranu/uziemienia występuje napięcie, nawet gdy obciążenie jest wyłączone.



Uwaga: *Zaleca się stosowanie ochronnej diody w przypadku obciążeń indukcyjnych, ja pokazano poniżej.



5.4.2 Cyfrowe wejścia narzędzia

Wejścia cyfrowe są w technologii PNP i posiadają małe rezystory obniżające. Oznacza to, że wejście pływające zawsze daje odczyt stanu niskiego. Parametry elektryczne przedstawiono poniżej.

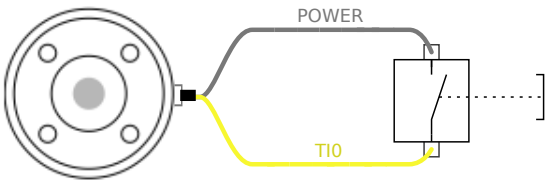
Parametr	Min.	Typ.	Maks.	Jednostka
Napięcie wejściowe	-0,5	-	26	V
Napięcie stanu logicznego niskiego	-	-	2,0	V
Napięcie stanu logicznego wysokiego	5,5	-	-	V
Rezystancja wejścia	-	47 k	-	Ω

W kolejnej podsekcji znajduje się przykład zastosowania wejścia cyfrowego.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

5.4.2.1 Używanie cyfrowych wejść narzędzia

Poniższy przykład pokazuje, w jaki sposób podłączyć prosty przycisk.



5.4.3 Analogowe wejścia narzędzia

Analogowe wejścia narzędzia są nieróżnicowe i można je ustawić na karcie we/wy jako napięciowe albo prądowe, zob. część II. Parametry elektryczne przedstawiono poniżej.

Parametr	Min.	Typ.	Maks.	Jednostka
Napięcie wejścia w trybie napięciowym	-0,5	-	26	V
Rezystancja wejścia przy zakresie od 0V do 10V	-	10,7	-	kΩ
Rozdzielczość	-	12	-	bit
Napięcie wejścia w trybie prądowym	-0,5	-	5,0	V
Prąd wejścia w trybie prądowym	-2,5	-	25	mA
Rezystancja wejścia przy zakresie od 4 mA do 20 mA	-	182	188	Ω
Rozdzielczość	-	12	-	bit

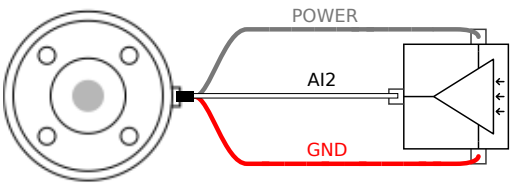
W kolejnych podsekcjach znajdują się dwa przykłady zastosowania wejść analogowych.

PRZESTROGA:

1. Wejścia analogowe w trybie prądowym nie są chronione przed przepięciami. Przekroczenie limitu z parametrów elektrycznych może spowodować trwałe uszkodzenie wejścia.

5.4.3.1 Używanie analogowych wejść narzędzia, nieróżnicowych

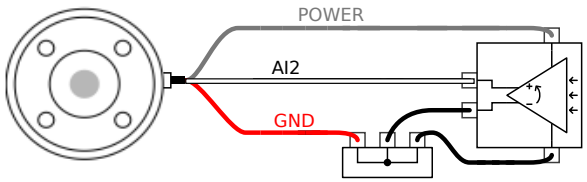
Poniższy przykład pokazuje, w jaki sposób połączyć czujnik analogowy z nieróżnicowym wyjściem. Wyjście czujnika może być zarówno prądowe jak i napięciowe, pod warunkiem, że tryb wejścia danego wejścia analogowego jest ustawiony tak samo na karcie we/wy. Należy sprawdzić, czy czujnik z wyjściem napięciowym może poradzić sobie z wewnętrzną rezystancją narzędzia. W przeciwnym razie pomiar będzie nieprawidłowy.



Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

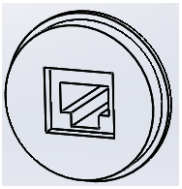
5.4.3.2 Używanie analogowych wejść narzędzia, różnicowych

Poniższy przykład pokazuje, w jaki sposób połączyć czujnik analogowy z różnicowym wyjściem. Należy podłączyć ujemny zacisk wyjścia do GND (0 V), wtedy działanie będzie identyczne z czujnikiem nieróżnicowym.



5.5 Ethernet

W dolnej części skrzynki sterowniczej dostępne jest złącze ethernetowe, zob. ilustrację poniżej.



Interfejs Ethernet może służyć do następujących celów:

- Moduły rozszerzeń we/wy MODBUS. Więcej informacji zawiera część II.
- Zdalny dostęp i sterowanie.

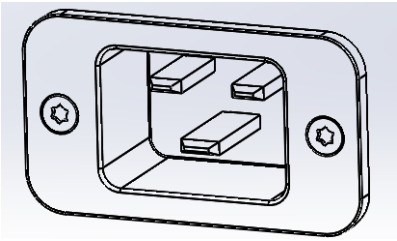
Parametry elektryczne przedstawiono poniżej.

Parametr	Min.	Typ.	Maks.	Jednostka
Szybkość komunikacji	10	-	1000	Mb/s

5.6 Połączenie zasilania sieciowego

Kabel zasilania ze skrzynki sterownika ma na końcu standardowy wtyk IEC. Do wtyku IEC należy podłączyć odpowiedni dla danego kraju wtyk lub kabel.

Aby możliwe było włączenie zasilania robota, skrzynka sterownicza musi być podłączona do zasilania sieciowego. Połączenie musi być poprowadzone poprzez standardową wtyczkę IEC C20 w dolnej części skrzynki sterowniczej i przez właściwy przewód IEC C19, zob. ilustrację poniżej.



Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Połączenie sieciowe powinno mieć co najmniej następujące funkcje:

- Połączenie z uziemieniem.
- Bezpiecznik główny.
- Wyłącznik różnicowo-prądowy.

Zaleca się montaż przełącznika głównego, przez który zasilane jest całe wyposażenie z układu robota. Jest to wygodny sposób na odłączenie i oznaczenie (LOTO) na czas prac serwisowych.

Parametry elektryczne przedstawiono w poniższej tabeli.

Parametr	Min.	Typ.	Maks.	Jednostka
Napięcie wejściowe	100	-	265	VAC
Sieciowy bezpiecznik zewnętrzny (przy 100–200 V)	15	-	16	A
Sieciowy bezpiecznik zewnętrzny (przy 200-265V)	8	-	16	A
Częstotliwość wejściowa	47	-	63	Hz
Moc w stanie gotowości	-	-	0,5	W
Znamionowa moc robocza	90	250	500	W

NIEBEZPIECZEŃSTWO:

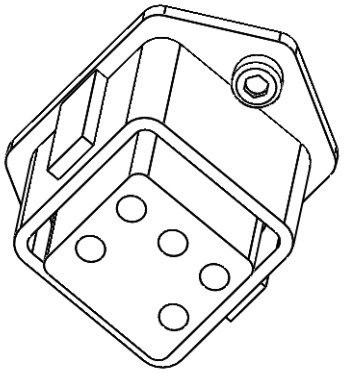
1. Robot musi być właściwie uziemiony (elektryczne połączenie z uziemieniem). Do utworzenia uziemienia wspólnego z pozostałym wyposażeniem systemu należy użyć niewykorzystanych śrub oznaczonych symbolami uziemienia wewnątrz skrzynki sterownika. Przewodnik uziemienia powinien mieć klasyfikację prądową co najmniej właściwą dla najwyższego natężenia w systemie.
2. Zasilanie doprowadzone do skrzynki sterownika musi być chronione przez wyłącznik różnicowo-prądowy (RCD) oraz właściwy bezpiecznik.
3. Podczas wszystkich prac instalacyjnych przy robocie konieczne jest odcięcie i oznaczenie (LOTO) wszystkich źródeł zasilania. Kiedy system jest odcięty, inne wyposażenie nie może zasilać elektrycznie układu we/wy robota.
4. Przed włączeniem zasilania skrzynki sterownika należy sprawdzić prawidłowość podłączenia wszystkich kabli. Zawsze należy używać oryginalnego i odpowiedniego przewodu zasilającego.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

5.7 Połączenie robota

Przewódl od robota musi być podłączony do złącza w dolnej części skrzynki sterowniczej, zob. ilustrację poniżej. Przed włączeniem ramienia robota należy się

upewnić, że złącze jest właściwie zablokowane. Kabel robota można odłączać tylko przy wyłączonym zasilaniu robota.



PRZESTROGA:

1. Nie wolno odłączać kabla robota przy włączonym ramieniu robota.
2. Nie wolno przedłużać ani modyfikować oryginalnego kabla.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

6 Konserwacja i naprawa

Konieczne jest przeprowadzanie prac konserwacyjnych i naprawczych zgodnie z wszystkimi zaleceniami bezpieczeństwa z tego podręcznika.

Konieczne jest przeprowadzanie prac konserwacyjnych, kalibracji i prac naprawczych zgodnie z najnowszą wersją podręczników serwisowych oraz strony wsparcia `http://www.universal-robots.com/support`.

Naprawy mogą wykonywać wyłącznie autoryzowani integratorzy systemów lub firma Universal Robots.

Wszelkie części zwracane do Universal Robots należy zwracać zgodnie z podręcznikiem serwisowym.

6.1 Instrukcje bezpieczeństwa

Po pracach konserwacyjnych i naprawczych konieczne jest przeprowadzenie kontroli, aby zapewnić wymagany poziom bezpieczeństwa. Podczas tej kontroli muszą być przestrzegane obowiązujące krajowe i lokalne przepisy bezpieczeństwa. Należy również sprawdzić prawidłowe działanie wszystkich funkcji bezpieczeństwa.

Celem prac konserwacyjnych i naprawczych jest zapewnienie utrzymania sprawności systemu lub przywrócenie go do stanu działania w przypadku awarii. Poza samą naprawą prace naprawcze obejmują także rozwiązywanie problemów.

Podczas pracy przy ramieniu robota lub skrzynce sterowniczej należy stosować się do poniższych procedur bezpieczeństwa i ostrzeżeń.

NIEBEZPIECZEŃSTWO:

1. Nie wprowadzać żadnych zmian w konfiguracji bezpieczeństwa oprogramowania (np. limitu siły). Konfigurację bezpieczeństwa opisano w podręczniku PolyScope. W przypadku zmiany dowolnego parametru bezpieczeństwa cały system robota należy uznać za nowy, co oznacza, że wymagana jest właściwa aktualizacja wszystkich procedur zatwierdzenia bezpieczeństwa, włącznie z oceną ryzyka.
2. Wadliwe komponenty należy wymieniać na nowe o takim samym numerze artykułu lub równoważne zatwierdzone do takiego celu przez Universal Robots.
3. Natychmiast po zakończeniu naprawy należy przywrócić wszelkie odłączone funkcje bezpieczeństwa.
4. Wszystkie naprawy należy udokumentować, a dokumentację przechowywać w zbiorze technicznym przypisanym do kompletnego systemu robota.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

NIEBEZPIECZEŃSTWO:

1. Odłączyć doprowadzający kabel zasilania sieciowego z dolnej części skrzynki sterowniczej, aby zapewnić całkowite odcięcie zasilania. Wyłączyć wszelkie pozostałe źródła zasilania podłączone do ramienia robota lub skrzynki sterowniczej. Zastosować konieczne środki ostrożności, aby uniemożliwić innym osobom włączenie zasilania systemu w czasie trwania naprawy.
2. Przed włączeniem zasilania należy sprawdzić połączenie z uziemieniem.
3. Podczas demontażu ramienia robota lub skrzynki sterowniczej należy przestrzegać zasad ochrony przed wyładowaniami elektrostatycznymi.
4. Należy unikać demontażu elementów zasilania wewnątrz skrzynki sterowniczej. Wewnątrz tych elementów mogą utrzymywać się wysokie napięcia (do 600 V) przez kilka godzin po wyłączeniu skrzynki sterowniczej.
5. Należy chronić ramię robota i skrzynkę sterowniczą przed przedostawaniem się do nich wody i pyłu.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

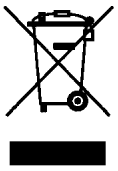
7 Utylizacja i środowisko

Roboty UR muszą być utylizowane zgodnie ze stosownym krajowym prawem, przepisami i normami.

Roboty UR są produkowane przy ograniczonym wykorzystaniu niebezpiecznych substancji w celu ochrony środowiska, jak określono w europejskiej dyrektywie 2011/65/EU (RoHS). Do tych substancji zaliczają się rtęć, kadm, ołów, chrom sześciowartościowy, wielobromek bifenylu i estry wielobromku bifenylu.

Opłata za utylizację i postępowanie z odpadami elektronicznymi z robotów UR sprzedanych na terenie Danii jest już wniesiona do systemu DPA przez Universal Robots A/S. Importerzy w krajach, w których obowiązuje europejska dyrektywa 2012/19/EU (WEEE) muszą sami zadbać o rejestrację w krajowym rejestrze WEEE własnego kraju. Opłata jest zwykle mniejsza niż 1€ za robota. Lista krajowych rejestrów: `https://www.ewrn.org/national-registers`.

Poniższe symbole są mocowane na robocie, aby wskazać zgodność z powyższymi prawami:



Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

8 Certyfikaty

Ten rozdział zawiera zbiór Ten rozdział zawiera zbiór świadectw i deklaracji przygotowanych dla produktu.

8.1 Certyfikaty organów niezależnych

Certyfikacja przez organy niezależne jest dobrowolna. Jednak w celu zapewnienia jak najlepszych usług dla integratorów robotów, firma UR zdecydowała się na certyfikowanie własnych robotów przez uznane instytuty kontroli:

TÜV NORD Bezpieczeństwo robotów UR jest zatwierdzone przez TÜV NORD, jednostkę notyfikowaną w UE według dyrektywy maszynowej 2006/42/WE. Kopia certyfikatu zatwierdzającego bezpieczeństwo TÜV NORD znajduje się w załączniku B.

DELTA Roboty UR są sprawdzone przez DELTA. Certyfikat kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) oraz certyfikat badań środowiskowych można znaleźć w załączniku B

TÜV SÜD Firma TÜV SÜD przeprowadza badania robotów UR w pomieszczeniach czystych. Certyfikat z badań pomieszczeń czystych można znaleźć w załączniku B

Sprzęt elektryczny i elektroniczny (RoHS) Chinach Roboty UR są zgodne z metodami zarządzania kontrolą zanieczyszczeń przez elektroniczne wyroby informatyczne China RoHS. Kopia tabeli Deklaracji Produktowej znajduje się w załączniku B.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

8.2 Certyfikaty dostawców niezależnych

Środowisko Według naszych dostawców, palety wysyłkowe dla robotów UR są zgodne z duńskimi wymogami ISMPM-15 dotyczącymi produkcji opakowań drewnianych. Zostały oznaczone zgodnie z programem.

8.3 Certyfikat testów producenta

UR Roboty UR nieustannie są testowane wewnętrznie oraz poddane procedurom badania na koniec procesu produkcji. Procesy testowe robotów UR są bezustannie analizowane i ulepszane.

8.4 Deklaracje według dyrektyw UE

Mimo, że odnoszą się głównie do obszaru Europy, niektóre państwa poza kontynentem uznają lub/i wymagają **deklaracji UE**. Dyrektywy europejskie są dostępne na oficjalnej witrynie internetowej: `http://eur-lex.europa.eu`.
Roboty UR są atestowane zgodnie z wymienionymi niżej dyrektywami.

2006/42/WE — dyrektywa maszynowa (MD)

Zgodnie z dyrektywą maszynową 2006/42/WE, robot jest traktowany jako **częściowo ukończona maszyna**, i jako taka nie jest oznaczona symbolem **CE**.
Uwaga: Jeśli robot UR ma być używany w środowisku z pestycydami, należy mieć na względzie dyrektywę 2009/127/WE. Deklaracja zgodności dla podzespołu zgodna z dyrektywą 2006/42/WE, aneks II 1.B jest przedstawiona w `załączniku B`.

2006/95/WE — dyrektywa niskonapięciowa (LVD)
2004/108/WE — kompatybilność elektromagnetyczna (EMC)
2011/65/EU — dyrektywa ws. ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (RoHS)
2012/19/EU — dyrektywa ws. zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (WEEE)

Deklaracje zgodności z powyższymi dyrektywami są dołączone do deklaracji zgodności dla podzespołu w `dodatku B`.

Znak **CE** jest dołączany zgodnie z powyższymi dyrektywami oznakowania **CE**. Informacje dotyczące odpadów elektrycznych oraz elektroncznych zawarto w `rozdziale 7`.

Informacje na temat norm stosowanych przy opracowywaniu robota zawiera `dodatek C`.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

9 Gwarancje

9.1 Gwarancja na produkt

Użytkownik (klient), bez uszczerbku dla wszelkich innych roszczeń, jakie może wysuwać względem przedstawiciela lub sprzedawcy detalicznego, otrzymuje gwarancję producenta na podanych poniżej warunkach:

W przypadku, kiedy w nowych urządzeniach oraz ich podzespołach wystąpią wady produkcyjne i/lub materiałowe w ciągu 12 miesięcy od rozpoczęcia pracy (maksymalnie 15 miesięcy od wysyłki), firma Universal Robots zapewni niezbędne części zapasowe, podczas gdy użytkownik (klient) zapewni godziny robocze do wymiany części zapasowych, albo wymieni uszkodzoną część na inną część odzwierciedlającą aktualny stan zaawansowania technologii, albo naprawi rzeczoną część. Niniejsza gwarancja nie będzie obowiązywać, jeśli uszkodzenie urządzenia będzie można przypisać nieprawidłowemu obchodzeniu się z nim i/lub nieprzestrzeganiu informacji zawartych w podręcznikach użytkownika. Niniejsza gwarancja nie będzie dotyczyć ani obejmować usług przeprowadzanych przez autoryzowanego dealera lub samego klienta (np. instalacji, konfiguracji, pobierania oprogramowania). Jako dowód do uzyskania gwarancji konieczny będzie dowód zakupu wraz z datą zakupu. Roszczenia gwarancyjne muszą zostać zgłoszone przed upływem dwóch miesięcy od momentu stwierdzenia wady. Urządzenia i podzespoły wymienione przez firmę Universal Robots lub jej zwrócone staną się jej własnością. Wszelkie inne roszczenia wynikające z lub związane z urządzeniem nie będą objęte niniejszą gwarancją. Żadne z postanowień niniejszej gwarancji nie będzie ograniczać ani wyłączać ustawowych praw klienta, ani też odpowiedzialności producenta za śmierć lub obrażenia osobiste wynikające z zaniedbania z jego strony. Czas trwania gwarancji nie będzie przedłużany przez usługi udzielane na mocy niniejszej gwarancji. O ile nie istnieją inne standardowe postanowienia gwarancyjne, firma Universal Robots zastrzega sobie prawo obciążenia klienta kosztami wymiany lub naprawy. Powyższe postanowienia nie implikują przeniesienia ciężaru dowodu na niekorzyść klienta. W przypadku urządzenia z widocznymi wadami firma Universal Robots nie będzie odpowiedzialna za żadne szkody: pośrednie, uboczne, szczególne ani wynikowe, m.in. utratę zysków, przydatności, straty produkcyjne ani uszkodzenia innego sprzętu produkcyjnego.

Firma Universal Robots nie będzie pokrywać szkód lub strat wynikowych spowodowanych przez wady urządzenia, takich jak utrata produkcji lub uszkodzenie innego sprzętu produkcyjnego.

9.2 Zastrzeżenie

Firma Universal Robots nieustannie pracuje nad usprawnianiem niezawodności i wydajności swoich produktów, w związku z czym zastrzega sobie prawo do usprawnienia produktu bez wcześniejszego informowania o tym fakcie. Firma Universal

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Robots dołożyła wszelkich starań, aby upewnić się, że treść niniejszego podręcznika jest prawidłowa i precyzyjna, jednakże firma nie ponosi odpowiedzialności za jakiekolwiek błędy lub brakujące informacje.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

A Czas zatrzymania i odległość zatrzymania

Informacje o odległościach i czasach zatrzymania dla obu kategorii zatrzymania[1] 0 i 1. Ten dodatek zawiera informacje o kategorii zatrzymania 0. Informacje o kategorii zatrzymania 1 można znaleźć pod adresem `http://universal-robots.com/support/`.

A.1 Czasy i odległości w kategorii zatrzymania 0

W poniższej tabeli podano odległości i czasy zatrzymania zmierzone po wyzwoleniu zatrzymania kategorii 0. Te miary odpowiadają następującej konfiguracji robota:

- Wysunięcie: 100% (całkowite wysunięcie ramienia robota w poziomie).
- Prędkość: 100% (całkowita prędkość robota jest ustawiona na 100% i ruch jest realizowany przy prędkości przegubu równej 183 °/s).
- Obciążenie: maksymalne obciążenie dopuszczalne przez robota umocowane w punkcie TCP (10 kg).

Test w przegubie 0 został wykonany przez wykonanie ruchu poziomego, czyli z osią obrotu prostopadłą do podłoża. Podczas testu przeguby 1 i 2 robota podążały w trajektorii pionowej, czyli osie obrotu były równoległe do podłoża, a zatrzymanie wykonano kiedy robot poruszał się do dołu.

	Odległość zatrzymania (rad)	Czas zatrzymania (ms)
Przegub 0 (PODSTAWA)	0.98	750
Przegub 1 (BARK)	0.35	240
Przegub 2 (ŁOKIEĆ)	0.38	280

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

[1] Zgodnie z normą IEC 60204-1, więcej informacji można znaleźć w słowniczku.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

B Deklaracje i świadectwa

B.1 CE/EU Declaration of Incorporation (original)

According to European Directive 2006/42/EC annex II 1.B.

The manufacturer Universal Robots A/S
Energivej 25
5260 Odense S
Denmark

hereby declares that the product described below

Industrial robot UR10/CB3

may not be put into service before the machinery in which it will be incorporated is declared in conformity with the provisions of Directive 2006/42/EC, as amended by Directive 2009/127/EC, and with the regulations transposing it into national law.

The safety features of the product are prepared for compliance with all essential requirements of Directive 2006/42/EC under the correct incorporation conditions, see product manual. Compliance with all essential requirements of Directive 2006/42/EC relies on the specific robot installation and the final risk assessment.

Relevant technical documentation is compiled according to Directive 2006/42/EC annex VII part B and available in electronic form to national authorities upon legitimate request. Undersigned is based on the manufacturer address and authorised to compile this documentation.

Additionally the product declares in conformity with the following directives, according to which the product is CE marked:

2014/35/EU — Low Voltage Directive (LVD)
2014/30/EU — Electromagnetic Compatibility Directive (EMC)
2011/65/EU — Restriction of the use of certain hazardous substances (RoHS)

A complete list of applied harmonized standards, including associated specifications, is provided in the product manual.

Odense, April 20th, 2016

R&D

David Brandt
Technology Officer

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

B.2 Deklaracja zgodności dla podzespołu CE/EU (tłumaczenie oryginału)

Zgodnie z europejską dyrektywą 2006/42/WE, aneksem II 1.B.

Producent Universal Robots A/S
Energivej 25
5260 Odense S
Dania

niniejszym oświadcza, że niżej opisany produkt

Robot przemysłowy UR10/CB3

nie może być przekazywany do eksploatacji zanim maszyna, której część stanowi nie będzie objęta deklaracją zgodności z dyrektywą 2006/42/WE ze zmianami wprowadzanymi przez dyrektywę 2009/127/WE i zgodności zespołu z przepisami krajowymi.

Funkcje bezpieczeństwa produktu opracowano jako zgodne z wszystkimi istotnymi wymaganiami dyrektywy 2006/42/WE przy właściwych warunkach włączenia podzespołu, zob. podręcznik produktu. Zgodność ze wszystkimi istotnymi wymaganiami dyrektywy 2006/42/WE zależy od szczególnej instalacji robota i końcowej oceny ryzyka.

Właściwa dokumentacja techniczna jest sporządzona zgodnie z dyrektywą 2006/42/WE, aneksem VII, częścią B i dostępna w formie elektronicznej dla krajowych organów na uzasadnioną prośbę. Niżej podpisani mają siedzibę pod adresem producenta i są upoważnieni do sporządzenia tej dokumentacji.

Ponadto deklarowana jest zgodność produktu z poniższymi dyrektywami, zależnie od tego, według której produkt jest oznaczony znakiem CE:

2014/35/EU — dyrektywa niskonapięciowa (LVD)
2014/30/EU — dyrektywa ws. kompatybilności elektromagnetycznej (EMC)
2011/65/EU — dyrektywa ws. ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (RoHS)

Pełna lista stosownych norm zharmonizowanych, włącznie z powiązanymi specyfikacjami, jest dostępna w podręczniku produktu.

Odense, 20 kwietnia, 2016

R&D

David Brandt
Technology Officer

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

B.3 Certyfikat systemu bezpieczeństwa

TÜV NORD

ZERTIFIKAT
CERTIFICATE

Hiermit wird bescheinigt, dass die Firma / *This certifies, that the company*

Universal Robots A/S
Energivej 25
DK-5260 Odense S
Denmark

berechtigt ist, das unten genannte Produkt mit dem abgebildeten Zeichen zu kennzeichnen.
is authorized to provide the product mentioned below with the mark as illustrated.

Fertigungsstätte:
Manufacturing plant:
Universal Robots A/S
Energivej 25
DK-5260 Odense S
Denmark

Beschreibung des Produktes:
(Details s. Anlage 1)
Description of product:
(Details see Annex 1)
Universal Robots Safety System URSafety 3.1
for **UR10, UR5** *and* **UR3 robots**

TÜV NORD
TÜV NORD CERT GmbH
Approved Safety Function
EN ISO 13849-1
PL 'd'

Geprüft nach:
Tested in accordance with:
EN ISO 13849-1:2008, PL d

Registrier-Nr. / *Registration No.* 44 207 14097602
Prüfbericht Nr. / *Test Report No.* 3515 4327
Aktenzeichen / *File reference* 8000443298

Gültigkeit / *Validity*
von / *from* 2015-06-02
bis / *until* 2020-06-01

Zertifizierungsstelle der TÜV NORD CERT GmbH

Essen, 2015-06-02

TÜV NORD CERT GmbH Langemarckstraße 20 45141 Essen www.tuev-nord-cert.de technology@tuev-nord.de

Bitte beachten Sie auch die umseitigen Hinweise
Please also pay attention to the information stated overleaf

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

B.4 Certyfikat badania środowiskowego

Climatic and mechanical assessment sheet no. 1275

DELTA client Universal Robots A/S Energivej 25 5260 Odense S Denmark	**DELTA project no.** T207415-1
Product identification UR5 robot arm: UR5 AE/CB3, 0A-series UR5 control box: AE/CB3, 0A-series UR5 teach pendant: AE/CB3, 0A-series UR10 robot arm: UR10 AE/CB3, 0A-series UR10 control box: UR10 AE/CB3, 0A-series UR10 teach pendant: AE/CB3, 0A-series	
DELTA report(s) DELTA project no. T207415-1, DANAK-19/13752 Revision 1	
Other document(s)	
Conclusion The two robot arms UR5 and UR10 including their control box and teach pendant have been tested according to the below listed standards. The test results are given in the DELTA report listed above. The tests were carried out as specified and the test criteria for environmental tests as specified in Annex 1 of the report were fulfilled. IEC 60068-2-1, Test Ae; -5 ºC, 16 h IEC 60068-2-2, Test Be; +50 ºC, 16 h IEC 60068-2-64, Test Fh; 5 – 20 Hz: 0.05 g²/Hz, 20 – 150 Hz: -3 dB/octave, 1.66 grms, 3 x 1½ h IEC 60068-2-27, Test Ea, Shock; 160 g, 1 ms, 3 x 6 shocks	
Date Hørsholm, 14 March 2014	**Assessor** Susanne Otto B.Sc.E.E., B.Com (Org)

20ass-sheet-j

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

B.5 Certyfikat badania EMC

We help ideas meet the real world

Attestation of Conformity

EMC assessment - Certificate no. 1549

DELTA has been designated as Notified Body by the notified authority National Telecom Administration part of the Energy Agency in Denmark to carry out tasks referred to in Annex III of the European Council EMC Directive. The attestation of conformity is in accordance with the essential requirements set out in Annex I.

DELTA client
Universal Robots A/S
Energivej 25
5260 Odense S
Denmark

Product identification (type(s), serial no(s).)
UR robot generation 3, G3, including CB3/AE for models UR3, UR5 and UR10

Manufacturer
Universal Robots A/S

Technical report(s)
DELTA Project T207371, EMC Test of UR5 and UR10 - DANAK-19/13884, dated 26 March 2014
DELTA Project T209172, EMC Test of UR3 - DANAK-19/14667, dated 05 November 2014
UR EMC Test Specification G3 rev 3, dated 30 October 2014
EMC Assessment Sheet 1351

Standards/Normative documents
EMC Directive 2014/30/EU, Article 6
EN/(IEC) 61326-3-1:2008, Industrial locations, SIL 2 applications
EN/(IEC) 61000-6-2:2005
EN/(IEC) 61000-6-4:2007+A1

The product identified above has been assessed and complies with the specified standards/normative documents. The attestation does not include any market surveillance. It is the responsibility of the manufacturer that mass-produced apparatus have the same EMC quality. The attestation does not contain any statements pertaining to the EMC protection requirements pursuant to other laws and/or directives other than the above mentioned if any.

DELTA
Venlighedsvej 4
2970 Hørsholm
Denmark

Tel. +45 72 19 40 00
Fax +45 72 19 40 01
www.delta.dk
VAT No. 12275110

Hørsholm, 08 August 2016

Knud A. Baltsen
Senior Consultant

20aocass-uk-j

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

B.6 Certyfikaty badania w pomieszczeniu czystym

ZERTIFIKAT ◆ CERTIFICATE ◆ CERTIFICADO ◆ CERTIFICAT

Industrie Service

CERTIFICATE

TÜV SÜD Industrie Service GmbH hereby confirms UNIVERSAL ROBOTS A/S situated at Energivej 25, 5260 Odense S; Dänemark, that the product

Roboter, Model: UR10 / Typ INDUSTRIAL

the cleanroom compatibility of the equipment for the ISO Class 5 according ISO 14644-1.

The certificate is limited to the particulate cleanliness. The product was tested according to VDI 2083 Part 9.1 in August 2016.

The implementation of the testing and certification is carried out by TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Certificate Nr.:	2589737-03
Report-Nr.:	203195-3
Valid till:	August 2018

Dipl.-Ing. (FH) Walter Ritz
Berlin, 25. August 2016
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Wittestraße 30, Haus L, 13509 Berlin

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

ZERTIFIKAT ◆ CERTIFICATE ◆ CERTIFICADO ◆ CERTIFICAT

Industrie Service

CERTIFICATE

TÜV SÜD Industrie Service GmbH hereby confirms UNIVERSAL ROBOTS A/S situated at Energivej 25, 5260 Odense S; Dänemark, that the product

Controller for UR 3 & UR 5 & UR 10

the cleanroom compatibility of the equipment for the ISO Class 6 according ISO 14644-1.

The certificate is limited to the particulate cleanliness. The product was tested according to VDI 2083 Part 9.1 in August 2016.

The implementation of the testing and certification is carried out by TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Certificate Nr.: 2589737-04
Report-Nr.: 203195
Valid till: August 2018

Dipl.-Ing. (FH) Walter Ritz
Berlin, 25. August 2016
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Wittestraße 30, Haus L, 13509 Berlin

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

C Stosowne normy

W tej sekcji opisano właściwe normy stosowane podczas rozwoju ramienia robota i skrzynki sterowniczej. Każde wystąpienie numeru dyrektywy europejskiej w nawiasie oznacza, że norma jest harmonizowana zgodnie z tą dyrektywą.

Norma nie stanowi obowiązującego prawa. Norma jest dokumentem opracowanym przez uczestników danej branży i definiuje zwyczajowe wymagania bezpieczeństwa i wydajności dotyczące produktu lub grupy produktów.

Skróty mają następujące znaczenie:

ISO	International Standardization Organization
IEC	International Electrotechnical Commission
EN	European Norm
TS	Technical Specification
TR	Technical Report
ANSI	American National Standards Institute
RIA	Robotic Industries Association
CSA	Canadian Standards Association

Zgodność z poniższymi normami jest gwarantowana tylko w przypadku przestrzegania wszystkich instrukcji instalacji, bezpieczeństwa i zaleceń.

ISO 13849-1:2006 [PLd]
ISO 13849-1:2015 [PLd]
ISO 13849-2:2012
EN ISO 13849-1:2008 (E) [PLd – 2006/42/WE]
EN ISO 13849-2:2012 (E) (2006/42/WE)

Safety of machinery – Safety-related parts of control systems

Part 1: General principles for design

Part 2: Validation

System kontroli bezpieczeństwa jest opracowany zgodnie z poziomem działania d (PLd) i zgodnie z wymaganiami tych norm.

ISO 13850:2006 [kategoria zatrzymywania 1]
ISO 13850:2015 [kategoria zatrzymywania 1]
EN ISO 13850:2008 (E) [kategoria zatrzymywania 1 — 2006/42/WE]
EN ISO 13850:2015 [kategoria zatrzymywania 1 — 2006/42/WE]

Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Funkcja zatrzymania awaryjnego jest opracowana zgodnie z kategorią zatrzymywania 1 według tej normy. Kategoria zatrzymywania 1 definiuje kontrolowane zatrzymanie przy zasilaniu silników, a następnie odcięcie zasilania po zatrzymaniu.

ISO 12100:2010
EN ISO 12100:2010 (E) [2006/42/WE]

Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction

Roboty UR są oceniane zgodnie z zasadami tej normy.

ISO 10218-1:2011
EN ISO 10218-1:2011(E) [2006/42/WE]

Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots

Part 1: Robots

Ta norma jest przeznaczona dla producenta robota, a nie integratora. Druga część (ISO 10218-2) jest przeznaczona dla integratora robota, ponieważ dotyczy instalacji i konstrukcji układu robota.

Autorzy normy wyraźnie opisują tradycyjne roboty przemysłowe, które są tradycyjnie zabezpieczone przez przegrody i kurtyny świetlne. Roboty UR są opracowane tak, że przez cały czas obowiązują ograniczenia siły i mocy. Z tego względu poniżej objaśniono niektóre z pojęć.

Jeśli robot UR jest używany w zastosowaniu niebezpiecznym, może być konieczne wdrożenie dodatkowych środków bezpieczeństwa, zob. rozdział 1 niniejszej instrukcji.

Objaśnienie:

- „3.24.3 Przestrzeń chroniona” jest określona obwodem ochronnym. Zwykle przestrzeń chroniona znajduje się za ogrodzeniem, które ochroni ludzi przed niebezpiecznymi robotami tradycyjnymi. Konstrukcja robotów UR pozwala na ich pracę bez ogrodzeń dzięki wbudowanym współbieżnym funkcjom ograniczenia mocy i siły, jeśli nie istnieje chroniona przestrzeń niebezpieczna określona przez rozstawione ogrodzenie.
- „5.4.2 Wymóg wydajności”. Wszystkie funkcje bezpieczeństwa są oparte na poziomie działania PLd zgodnie z normą ISO 13849-1:2006. Robot jest zbudowany z nadmiarowymi systemami kodowania w każdym z przegubów, a konstrukcja wejść i wyjść w kategorii[1] Struktura 3 Wejścia i wyjścia z klasyfikowanym bezpieczeństwem muszą zgodnie z tą instrukcją być połączone z wyposażeniem bezpieczeństwa kategorii 3, aby tworzyły strukturę poziomu działania d (PLd) kompletnej funkcji bezpieczeństwa.
- „5.7 Tryby pracy”. Roboty UR nie mają różnych trybów pracy i nie są wyposażone w przełącznik trybu.
- „5.8 Sterowanie przez pilota”. W tej sekcji określono funkcje bezpieczeństwa w sterowniku uczenia, kiedy planowane jest używanie w chronionej przestrzeni niebezpiecznej. Ponieważ roboty UR zostały zaprojektowane do współpracy, nie istnieje niebezpieczna przestrzeń chroniona, tak jak w przypadku robotów tradycyjnych. Roboty UR są bezpieczniejsze w uczeniu od robotów tradycyjnych. Zamiast konieczności zwalniania urządzenia zezwalającego na pozycjonowanie, operator może po prostu zatrzymać robota ręką. Jeśli robot jest zainstalowany w niebezpiecznej przestrzeni

[1] Wg ISO 13849-1, więcej informacji zawiera słowniczek.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

chronionej, można podłączyć urządzenie zezwalające na pozycjonowanie zgodnie z instrukcjami w tym podręczniku. Ponadto patrz objaśnienia w ISO/TS 15066, klauzula 5.4.5.

- „5.10 Wymagania pracy współbieżnej". Współbieżne funkcje ograniczenia mocy i siły w robotach UR są zawsze aktywne. Widoczna budowa robotów UR wskazuje, że są one przystosowane do działania w pracy współbieżnej. Funkcje ograniczenia mocy i siły są opracowane zgodnie z ISO 10218-1, klauzula 5.10.5. Ponadto patrz objaśnienia w ISO/TS 15066, klauzula 5.5.4.
- „5.12.3 Programowe limity osi i przestrzeni z klasyfikacją bezpieczeństwa". Ta funkcja bezpieczeństwa jest jedną z wielu konfigurowalnych przez oprogramowanie. Funkcja mieszająca jest tworzona na podstawie ustawień wszystkich tych funkcji bezpieczeństwa i jest reprezentowana w interfejsie GUI przez identyfikator kontrolny bezpieczeństwa.

ISO/TS 15066:2016

Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Collaborative operation

Jest to specyfikacja techniczna, **nie** jest normą. Celem specyfikacji technicznej jest przedstawienie zbioru wstępnych wymagań w celu oceny, czy są przydatne w danej branży. Według definicji specyfikacja techniczna nie jest jeszcze wystarczająco dopracowana, aby zharmonizować ją zgodnie z dyrektywami europejskimi.

Niniejsza specyfikacja techniczna jest przeznaczona dla producenta i integratora robota. Roboty UR są kompatybilne z częściami przeznaczonymi do surowych robotów, a integrator może zastosować niniejszą specyfikację techniczną podczas integracji robotów.

Niniejsza specyfikacja techniczna przedstawia nieobowiązkowe wymogi i wskazówki będące uzupełnieniem normy ISO 10218 w dziedzinie robotów współpracujących. Oprócz tekstu głównego specyfikacja techniczna zawiera załącznik A z tabelą, w której znajdują się sugerowane wartości graniczne siły i ciśnienia oparte na poziomie bólu, a **nie** obrażeń. Należy uważnie przeczytać i zrozumieć uwagi pod tą tabelą, ponieważ wiele wartości granicznych opiera się wyłącznie na ostrożnych szacunkach i literaturze przedmiotu. Wszystkie liczby ulegną zmianie w przyszłości, ponieważ opracowane zostały nowe wyniki badań naukowych. Załącznik A to nieformalna i nieobowiązkowa część specyfikacji technicznej. Integrator może więc zadeklarować zgodność ze specyfikacją techniczną bez stosowania wartości granicznych z załącznika A.

ANSI/RIA R15.06-2012

Industrial Robots and Robot Systems – Safety Requirements

Ta amerykańska norma odpowiada normom ISO 10218-1 (zob. wyżej) i ISO 10218-2 połączonym w jednym dokumencie. Język angielski jest zmieniony z brytyjskiego na amerykański, lecz treść pozostała identyczna.

Część druga (ISO 10218-2) tej normy jest przeznaczona dla integratora systemu robota, a nie dla Universal Robots.

CAN/CSA-Z434-14

Industrial Robots and Robot Systems – General Safety Requirements

Ta kanadyjska norma odpowiada normom ISO 10218-1 (zob. wyżej) i -2 połączonym w jednym dokumencie. Organizacja CSA wprowadziła dodatkowe wymagania dla użytkowników systemu robota.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Niektóre z tych wymagań mogą być przeznaczone dla integratora robota.

Część druga (ISO 10218-2) tej normy jest przeznaczona dla integratora systemu robota, a nie dla Universal Robots.

IEC 61000-6-2:2005
IEC 61000-6-4/A1:2010
EN 61000-6-2:2005 [2004/108/WE]
EN 61000-6-4/A1:2011 [2004/108/WE]

Electromagnetic compatibility (EMC)

Part 6-2: Generic standards - Immunity for industrial environments

Part 6-4: Generic standards - Emission standard for industrial environments

Te normy definiują wymagania dotyczące zakłóceń elektrycznych i elektromagnetycznych. Spełnienie tych wymagań zapewni, że roboty UR będą prawidłowo działać w środowisku przemysłowym i nie będą zakłócać pracy innego sprzętu.

IEC 61326-3-1:2008
EN 61326-3-1:2008

Electrical equipment for measurement, control and laboratory use - EMC requirements

Part 3-1: Immunity requirements for safety-related systems and for equipment intended to perform safety-related functions (functional safety) - General industrial applications

Ta norma definiuje rozszerzone wymagania odporności elektromagnetycznej EMC dla funkcji związanych z bezpieczeństwem. Spełnienie tej normy zapewnia, że funkcje bezpieczeństwa robotów UR gwarantują bezpieczeństwo nawet wtedy, kiedy inny sprzęt będzie przekraczać limity emisji EMC zdefiniowane w normach IEC 61000.

IEC 61131-2:2007 (E)
EN 61131-2:2007 [2004/108/WE]

Programmable controllers

Part 2: Equipment requirements and tests

We/wy 24 V normalne i bezpieczeństwa opracowano zgodnie z wymaganiami tej normy, aby zapewnić niezawodną komunikację z innymi systemami sterowników PLC.

ISO 14118:2000 (E)
EN 1037/A1:2008 [2006/42/WE]

Safety of machinery – Prevention of unexpected start-up

Te dwie normy są bardzo podobne. Definiują zasady bezpieczeństwa pozwalające uniknąć nieoczekiwanego uruchomienia, zarówno w wyniku niezamierzonego włączenia zasilania podczas prac konserwacyjnych i naprawczych, jak i w wyniku niezamierzonego polecenia uruchomienia z poziomu sterowania.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

IEC 60947-5-5/A1:2005
EN 60947-5-5/A11:2013 [2006/42/WE]

Low-voltage switchgear and controlgear

Part 5-5: Control circuit devices and switching elements - Electrical emergency stop device with mechanical latching function

Czynność bezpośredniego otwarcia i mechanizm blokady bezpieczeństwa w przycisku zatrzymania awaryjnego spełniają wymagania tej normy.

IEC 60529:2013
EN 60529/A2:2013

Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)

Norma definiuje klasy obudów odnośnie ochrony przed pyłem i wodą. Roboty UR są opracowywane i klasyfikowane kodem IP zgodnie z tą normą, zob. naklejkę robota.

IEC 60320-1/A1:2007
IEC 60320-1:2015
EN 60320-1/A1:2007 [2006/95/EC]
EN 60320-1:2015

Appliance couplers for household and similar general purposes

Part 1: General requirements

Kabel doprowadzenia zasilania sieciowego jest zgodny z tą normą.

ISO 9409-1:2004 [typ 50-4-M6]

Manipulating industrial robots – Mechanical interfaces

Part 1: Plates

Kołnierz narzędzia robotów UR jest zgodny z typem 50-4-M6 opisanym w tej normie. Narzędzia robota również powinny być opracowywane zgodnie z tą normą, aby zapewnić właściwe mocowanie.

ISO 13732-1:2006
EN ISO 13732-1:2008 [2006/42/WE]

Ergonomics of the thermal environment – Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces

Part 1: Hot surfaces

Roboty UR są tak opracowywane, aby temperatura powierzchni utrzymywała się w ergonomicznych granicach zdefiniowanych w tej normie.

IEC 61140/A1:2004
EN 61140/A1:2006 [2006/95/WE]

Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Roboty UR są opracowywane zgodnie z tą normą, aby zapewnić ochronę przed porażeniem elektrycznym. Ochronne złącze uziemiające jest obowiązkowe, jak określa Podręcznik instalacji sprzętu.

IEC 60068-2-1:2007
IEC 60068-2-2:2007
IEC 60068-2-27:2008
IEC 60068-2-64:2008
EN 60068-2-1:2007
EN 60068-2-2:2007
EN 60068-2-27:2009
EN 60068-2-64:2008

Environmental testing

Part 2-1: Tests - Test A: Cold

Part 2-2: Tests - Test B: Dry heat

Part 2-27: Tests - Test Ea and guidance: Shock

Part 2-64: Tests - Test Fh: Vibration, broadband random and guidance

Roboty UR są testowane zgodnie z metodami testowymi określonymi w tych normach.

IEC 61784-3:2010
EN 61784-3:2010 [SIL 2]

Industrial communication networks – Profiles

Part 3: Functional safety fieldbuses – General rules and profile definitions

Ta norma definiuje wymagania dotyczące magistral komunikacyjnych z klasyfikowanym bezpieczeństwem.

IEC 60204-1/A1:2008
EN 60204-1/A1:2009 [2006/42/WE]

Safety of machinery – Electrical equipment of machines

Part 1: General requirements

Zastosowane są ogólne zasady opisane przez tę normę.

IEC 60664-1:2007
IEC 60664-5:2007
EN 60664-1:2007 [2006/95/WE]
EN 60664-5:2007

Insulation coordination for equipment within low-voltage systems

Part 1: Principles, requirements and tests

Part 5: Comprehensive method for determining clearances and creepage distances equal to or less than 2 mm

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Obwody elektryczne robotów UR są projektowane zgodnie z tą normą.

EUROMAP 67:2015, V1.11

Electrical Interface between Injection Molding Machine and Handling Device / Robot

Roboty UR wyposażone w akcesoryjny moduł E67 do połączenia z wtryskarkami spełniają wymagania tej normy.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

D Parametry techniczne

Typ robota	UR10
Masa	28.9 kg / 63.7 lb
Maksymalna ładowność (zob. sekcję 4.4)	10 kg / 22 lb
Zasięg	1300 mm / 51.2 in
Zakresy przegubów	± 360 ° dla wszystkich przegubów
Prędkość	Przeguby podstawy i barku: maks. 120 °/s. Wszystkie inne przeguby: maks. 180 °/s. Narzędzie: ok. 1 m/s / ok. 39.4 in/s.
Powtarzalność	± 0.1 mm / ± 0.0039 in (4 mils)
Obrys	Ø190 mm / 7.5 in
Stopnie swobody	6 obrotowych przegubów
Rozmiar skrzynki sterowniczej (szer. × wys. × gł.)	475 mm × 423 mm × 268 mm / 18.7 in × 16.7 in × 10.6 in
Porty we/wy skrzynki sterowniczej	16 cyfrowych wejść, 16 cyfrowych wyjść, 2 analogowe wejścia, 2 analogowe wyjścia
Porty we/wy narzędzia	2 cyfrowe wejścia, 2 cyfrowe wyjścia, 2 analogowe wejścia
Zasilanie we/wy	24 V 2 A w skrzynce sterowniczej i 12 V/24 V 600 mA w narzędziu
Komunikacja	TCP/IP 100 Mbit: IEEE 802.3u, 100BASE-TX gniazdo Ethernet, TCP Modbus & adapter Ethernet/IP, Profinet
Programowanie	Graficzny interfejs użytkownika PolyScope na wyświetlaczu 12"
Hałas	72 dB(A)
Klasyfikacja IP	IP54
Klasyfikacja pomieszczeń czystych	Ramię robota: Klasa ISO 5 Skrzynka sterownicza: Klasa ISO 6
Pobór mocy	Ok. 350 W przy typowym programie
Praca współbieżna	15 zaawansowanych funkcji bezpieczeństwa. Zgodnie z: EN ISO 13849-1:2008, PLd i EN ISO 10218-1:2011, klauzula 5.10.5
Materiały	Aluminium, tworzywo PP
Temperatura	Robot może pracować w zakresie temperatur otoczenia 0-50 °C
Zasilanie	100-240 VAC, 50-60 Hz
Okablowanie	Kabel między robotem a skrzynką sterowniczą (6 m / 236 in) Kabel między ekranem dotykowym a skrzynką sterowniczą (4.5 m / 177 in)

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Część II

Podręcznik PolyScope

10 Konfiguracja bezpieczeństwa

10.1 Wprowadzenie

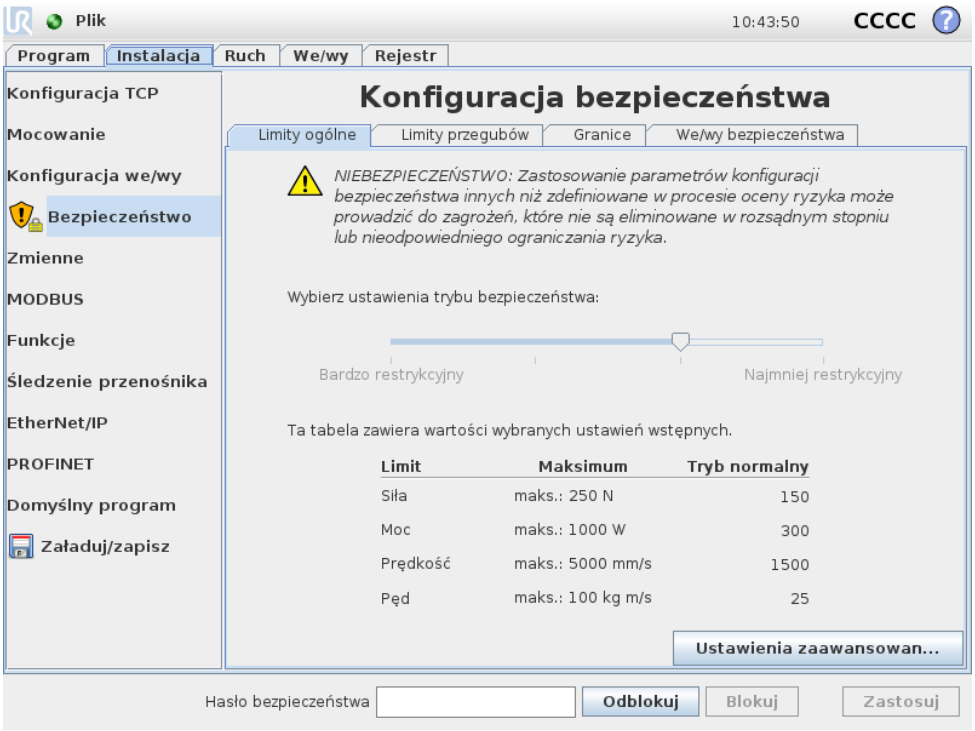
Robot jest wyposażony w zaawansowany system bezpieczeństwa. Aby zagwarantować bezpieczeństwo całego personelu i wyposażenia w pobliżu robota, konieczne jest skonfigurowanie ustawień systemu bezpieczeństwa zależnie od szczególnych parametrów jego przestrzeni roboczej. Pierwszą rzeczą, o jaką musi zadbać integrator, to zastosowanie ustawień wyznaczonych w procesie oceny ryzyka. Szczegółowe informacje o systemie bezpieczeństwa przedstawia Podręcznik instalacji sprzętu.

NIEBEZPIECZEŃSTWO:

1. Używanie i konfiguracja interfejsów i funkcji dotyczących bezpieczeństwa muszą być zgodne z oceną ryzyka, jaką przeprowadza integrator dla szczególnego zastosowania robota, zob. Podręcznik instalacji sprzętu.
2. Konfiguracji bezpieczeństwa w ustawieniach i uczeniu uczenia musi być zastosowana zgodnie z oceną ryzyka przeprowadzoną przez integratora i zanim ramię robota zostanie włączone po raz pierwszy.
3. Wszystkie ustawienia w konfiguracji bezpieczeństwa dostępne na tym ekranie i podrzędnych kartach muszą być ustawione zgodnie z oceną ryzyka przeprowadzoną przez integratora.
4. Integrator musi zapewnić, że wszystkie zmiany wprowadzane w ustawieniach konfiguracji bezpieczeństwa są zgodne z oceną ryzyka wykonaną przez integratora.
5. Integrator ma obowiązek zapobiegania wprowadzaniu zmian w konfiguracji bezpieczeństwa przez nieupoważnione osoby, na przykład przez ochronę hasłem.

Ekran `Konfiguracja bezpieczeństwa` jest dostępny przez ekran `powitalny` (zob. 11.4) po naciśnięciu przycisku `Programuj robota`, wybraniu karty `Instalacja` i opcji `Bezpieczeństwo`. Konfiguracja bezpieczeństwa jest chroniona hasłem, zob. 10.8.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.



Ustawienia bezpieczeństwa obejmują wiele wartości granicznych, które służą do ograniczania ruchów ramienia robota, a także ustawień funkcji bezpieczeństwa do konfigurowalnych wejść i wyjść. Są one zdefiniowane w poniższych kartach podrzędnych ekranu bezpieczeństwa:

- Karta podrzędna `Limity ogólne` pozwala na zdefiniowanie maksymalnych wartości *siły*, *mocy*, *prędkości* i *pędu* ramienia robota. Kiedy istnieje szczególnie wysokie ryzyko uderzenia osoby lub elementu środowiska, w tych ustawieniach należy wprowadzić niskie wartości. Jeśli ryzyko jest niskie, to ustawienie wyższych limitów ogólnych pozwala na szybszy ruch robota i wywieranie większej siły w jego środowisku. Więcej szczegółowych informacji jest dostępnych w p. 10.10.
- Karta podrzędna `Limity przegubów` zawiera limity *prędkości przegubów* i *pozycji przegubów*. Limity *prędkości przegubów* ograniczają maksymalną prędkość kątową poszczególnych przegubów i służą do dalszego ograniczenia prędkości ramienia robota. Limity *pozycji przegubów* określają dopuszczalny zakres pozycji dla poszczególnych przegubów (w ich przestrzeni). Więcej szczegółowych informacji jest dostępnych w p. 10.11.
- Karta podrzędna `Granice` określa płaszczyzny bezpieczeństwa (w przestrzeni kartezjańskiej) i granice orientacji narzędzia dla punktu TCP robota. Płaszczyzny bezpieczeństwa można skonfigurować jako nieprzekraczalne limity pozycji dla punktu centralnego narzędzia robota (TCP) lub jako miejsce wyzwolenia limitów bezpieczeństwa trybu *ograniczonego* (zob. 10.6). Granica orientacji narzędzia nakłada nieprzekraczalny limit na orientację punktu TCP. Więcej szczegółowych informacji jest dostępnych w p. 10.12.
- Karta podrzędna `We/wy bezpieczeństwa` określa funkcje bezpieczeństwa dla wszystkich konfigurowalnych wejść i wyjść (zob. 13.2). Możliwe jest na

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

przykład skonfigurowanie *zatrzymania awaryjnego* jako wejście. Więcej szczegółowych informacji jest dostępnych w p. 10.13.

10.2 Zmiana konfiguracji bezpieczeństwa

Ustawienia konfiguracji bezpieczeństwa wolno zmieniać wyłącznie zgodnie z oceną ryzyka, przeprowadzoną przez integratora.

Zalecana procedura zmiany konfiguracji bezpieczeństwa jest następująca:

1. Należy się upewnić, że wszystkie zmiany są zgodne z oceną ryzyka przeprowadzoną przez integratora.
2. Dostosuj ustawienia bezpieczeństwa do właściwego poziomu, określonego w ocenie ryzyka przeprowadzonej przez integratora.
3. Zweryfikuj zastosowanie ustawień bezpieczeństwa.
4. Umieść poniższy napis w instrukcjach dla operatorów: „Przed pracą w pobliżu robota upewnij się, że konfiguracja bezpieczeństwa odpowiada oczekiwanej. Można to sprawdzić np. przez porównanie sumy kontrolnej w prawym górnym rogu PolyScope (zob. 10.5 w Podręcznik PolyScope).”

10.3 Błędy i synchronizacja bezpieczeństwa

Stan zastosowanej konfiguracji bezpieczeństwa w porównaniu z załadowaną w interfejsie GUI instalacji robota jest zobrazowany przez ikonę tarczy przy napisie `Bezpieczeństwo` z lewej strony ekranu. Te ikony pozwalają szybko poznać bieżący stan. Zdefiniowane są następująco:

Konfiguracja zsynchronizowana: Pokazuje, że instalacja GUI jest identyczna z aktualnie zastosowaną konfiguracją bezpieczeństwa. Nie wprowadzono żadnych zmian.

Konfiguracja zmieniona: Pokazuje, że instalacja GUI jest inna niż aktualnie zastosowana konfiguracja bezpieczeństwa.

Podczas edytowania konfiguracji bezpieczeństwa ikona tarczy będzie informować, czy bieżące ustawienia są zastosowane.

Jeśli dowolne z pól tekstowych na karcie `Bezpieczeństwo` będzie zawierać nieprawidłowe dane, konfiguracja bezpieczeństwa będzie w stanie błędu. Jest to wskazywane na kilka sposobów:

1. Obok napisu `Bezpieczeństwo` z lewej strony ekranu wyświetlana jest czerwona ikona błędu.
2. Karty podrzędne zawierające błędy są oznaczone u góry czerwoną ikoną.
3. Pola tekstowe zawierające błędy są oznaczone czerwonym tłem.

W przypadku próby odejścia od karty `Instalacja` przy istniejących błędach, pojawia się okno dialogowe z poniższymi opcjami:

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

1. Rozwiązanie problemów w celu usunięcia wszystkich błędów. Opcja będzie widoczna, kiedy czerwona ikona błędu nie będzie już wyświetlana obok napisu `Bezpieczeństwo` z lewej strony ekranu.
2. Przywrócenie wcześniej zastosowanej konfiguracji bezpieczeństwa. Spowoduje to odrzucenie wszystkich zmian i pozwoli na kontynuowanie nawigacji.

W przypadku próby odejścia od karty Instalacja bez występujących błędów, pojawia się inne okno dialogowe z poniższymi opcjami:

1. Zastosowanie zmian i ponownie uruchomienie systemu. Spowoduje to zastosowanie zmian konfiguracji bezpieczeństwa w systemie i ponowne uruchomienie. Uwaga: To nie oznacza, że zmiany zostały zapisane. Zamknięcie robota na tym etapie spowoduje utratę wszystkich zmian w instalacji robota, włącznie z konfiguracją bezpieczeństwa.
2. Przywrócenie wcześniej zastosowanej konfiguracji bezpieczeństwa. Spowoduje to odrzucenie wszystkich zmian i pozwoli na kontynuowanie nawigacji.

10.4 Tolerancje

*Ramię robota*posiada wbudowane zakresy tolerancji, które zapobiegają narażeniu na niebezpieczeństwo. Tolerancja bezpieczeństwa jest różnicą pomiędzy bezpiecznym limitem a maksymalną wartością operacyjną. Na przykład, ogólna tolerancja prędkości wynosi $-150mm/s$. Oznacza to, że jeżeli użytkownik ustawi ograniczenie prędkości n poziomie $250mm/s$, to maksymalna prędkość operacyjna wyniesie $250 - 150 = 100mm/s$. Zakresy tolerancji bezpieczeństwa zapobiegają zagrożeniom bezpieczeństwa przy zezwoleniu na odchylenia w pracy programu. Na przykład, przy dużych obciążeniach mogą pojawić się sytuacje, gdzie *Ramię robota* musi przez krótki czas pracować powyżej standardowej maksymalnej prędkości operacyjnej, aby pokonać zaprogramowaną trajektorię. Przykład takiej sytuacji przedstawia rysunek . 10.1.

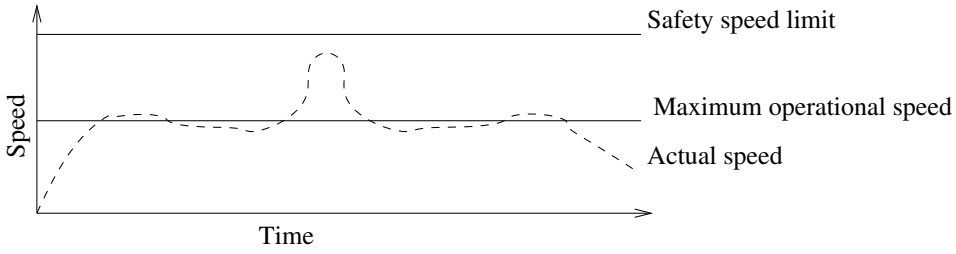
OSTRZEŻENIE:
Zawsze wymagana jest ocena ryzyka z zastosowaniem wartości limitów bez tolerancji.

OSTRZEŻENIE:
Tolerancje są zależne od wersji oprogramowania. Zaktualizowanie oprogramowania może zmienić tolerancje. Różnice między wersjami można znaleźć w informacjach o aktualizacji.

10.5 Suma kontrolna bezpieczeństwa

Tekst w prawym górnym rogu ekranu zawiera skrócone przedstawienie konfiguracji bezpieczeństwa aktualnie używanej przez robota. Zmiana tekstu oznacza, że

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.



Rysunek 10.1: Przykład zakresu tolerancji bezpieczeństwa.

zmieniła się także bieżąca konfiguracja bezpieczeństwa. Kliknięcie sumy kontrolnej pozwala na wyświetlenie szczegółowych informacji o aktualnie obowiązującej konfiguracji bezpieczeństwa.

10.6 Tryby bezpieczeństwa

W normalnych warunkach (tzn. poza zatrzymaniem ochronnym) system bezpieczeństwa działa w jednym z poniższych *trybów bezpieczeństwa*, każdy z przypisanym zestawem limitów bezpieczeństwa:

Tryb normalny: Tryb bezpieczeństwa aktywny domyślnie.

Tryb ograniczony: Aktywny, kiedy punkt TCP robota znajduje się za płaszczyzną *wyzwalania trybu ograniczonego* (zob. 10.12) lub po wyzwoleniu przez konfigurowalny sygnał wejściowy (zob. 10.13).

Tryb przywracania: Kiedy ramię robota narusza jeden z pozostałych trybów (czyli *Normalny* lub *Ograniczony*) i nastąpiło zatrzymanie kategorii 0,[1] ramię robota wznowi działanie w trybie **Przywracanie**. Ten tryb umożliwia robotowi powrót z niewielką szybkością do dozwolonej strefy za pomocą karty **Ruch** lub **ruchu swobodnego**. Uruchomienie programów robota w tym trybie jest niemożliwe.

OSTRZEŻENIE:
Limity *pozycji przegubu*, *pozycji TCP* oraz *orientacji TCP* są wyłączone w trybie *przywracania*, należy więc zachować ostrożność przy przesuwaniu ramienia robota z powrotem do limitów.

Karty podrzędne ekranu `konfiguracji bezpieczeństwa` pozwalają użytkownikowi na zdefiniowanie odrębnych zestawów limitów bezpieczeństwa dla trybu *normalnego* i *ograniczonego*. Limity prędkości i pędu dla narzędzia i przegubów powinny być bardziej restrykcyjne w trybie *ograniczonym*, niż ich odpowiedniki z trybu *normalnego*.

W przypadku naruszenia limitu bezpieczeństwa z aktywnego zestawu limitów, ramię robota wykonuje zatrzymanie kategorii 0. Jeśli aktywny limit bezpieczeństwa, np. limit pozycji przegubu lub granica bezpieczeństwa, będzie naruszony w

[1] Wg ISO 60204-1, więcej informacji zawiera słowniczek.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

chwili włączenia zasilania ramienia robota, robot uruchomi się w trybie *przywracania*. Umożliwi to przesunięcie ramienia robota z powrotem do limitów bezpieczeństwa. W trybie *przywracania* ruch ramienia robota jest ograniczony ustalonym zestawem limitów, którego użytkownik nie może dostosowywać. Szczegółowe informacje o limitach w trybie *przywracania* zawiera Podręcznik instalacji sprzętu.

10.7 Tryb ruchu swobodnego

Jeśli w trybie *Ruch swobodny* (zob. 13.1.5) ramię robota zbliży się do pewnych limitów, użytkownik odczuje w ruchu przeciwdziałającą siłę. Ta siła jest generowana dla limitów pozycji, orientacji i prędkości punktu TCP robota oraz pozycji i prędkości przegubów.

Zastosowanie tej przeciwdziałającej siły ma na celu poinformowanie użytkownika, że bieżąca pozycja lub prędkość są zbliżone do limitu i zapobieganie naruszeniu tego limitu przez robota. Jeśli jednak użytkownik przyłoży wystarczającą siłę do ramienia robota, taki limit może zostać przekroczony. Wielkość siły zwiększa się w miarę zbliżania się ramienia robota do limitu.

10.7.1 Jazda wstecz

W trybie *ruchu swobodnego* przegubami robota można poruszać z użyciem relatywnie niewielkiej siły, ponieważ hamulce są zwolnione. Podczas inicjalizacji ramienia robota mogą występować nieznaczne wibracje po zwolnieniu hamulców. W pewnych sytuacjach, np. w razie dużego ryzyka kolizji robota, drgania te są niepożądane. W celu wymuszenia ustawienia określonych przegubów w odpowiednim położeniu bez zwalniania wszystkich hamulców w ramieniu robota można użyć funkcji *Wycofanie*.

Aby włączyć funkcję *wycofania*:

1. Naciśnij włącznik, aby włączyć zasilanie przegubów. Stan robota to „Bezczynny”. **Nie** zwalniaj hamulców (tzn. nie naciskaj przycisku START).
2. Naciśnij i przytrzymaj przycisk *Ruch swobodny*. Stan robota zmienia się na „Wycofanie”.
3. Gdy przycisk *Ruch swobodny* jest aktywny/naciśnięty, hamulce zostaną zwolnione tylko w przegubach, na które będzie działała duża siła. Podczas korzystania z funkcji *wycofania* robota porusza się z trudnością.

10.8 Blokada hasłem

Wszystkie ustawienia na tym ekranie są zablokowane aż do wprowadzenia prawidłowego hasła bezpieczeństwa (zob. 15.3) w białym polu tekstowym na dole ekranu i naciśnięcia przycisku `Odblokuj`. Ekran można ponownie zablokować, naciskając przycisk `Blokuj`. Karta `Bezpieczeństwo` jest blokowana automatycznie po opuszczeniu ekranu konfiguracji bezpieczeństwa. Kiedy ustawienia są zablokowane, widoczna jest ikona kłódki obok napisu `Bezpieczeństwo` z lewej strony ekranu. Kiedy ustawienia są odblokowane, widoczna jest ikona otwartej kłódki.

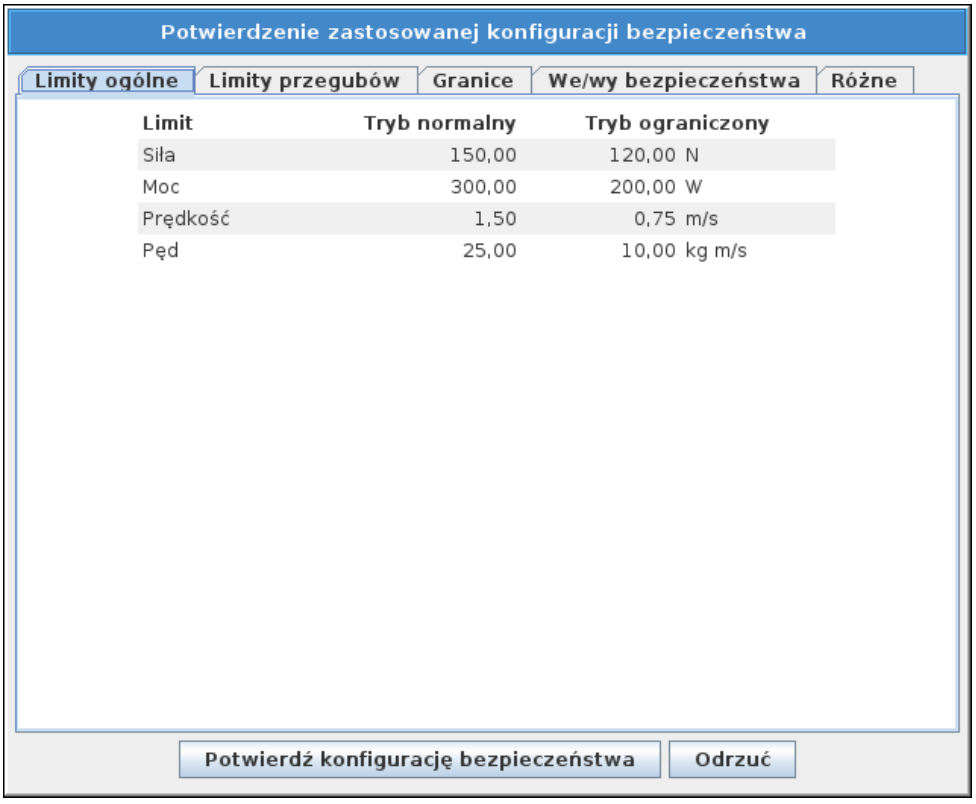
Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

UWAGA:
Kiedy ekran konfiguracji bezpieczeństwa jest odblokowany, zasilanie ramienia robota jest odcięte.

10.9 Zastosowanie

Po odblokowaniu konfiguracji bezpieczeństwa ramię robota pozostaje niezasilane przez cały czas wprowadzania zmian. Zasilania ramienia robota nie można włączyć do chwili zastosowania zmian lub przywrócenia ustawień, a ręczne włączenie zasilania wykonuje się z poziomu ekranu inicjalizacji.

Przed wyjściem z karty instalacji wszelkie zmiany w konfiguracji bezpieczeństwa muszą zostać zastosowane lub przywrócone. Te zmiany *nie obowiązują* do chwili naciśnięcia przycisku `Zastosuj` i potwierdzenia. Potwierdzenie wymaga wzrokowej kontroli zmian wprowadzonych do ramienia robota. Ze względów bezpieczeństwa przedstawiane informacje są podawane w jednostkach układu SI. Poniżej przedstawiono przykładowe okno dialogowe z potwierdzeniem.



Ponadto po potwierdzeniu zmiany są zapisywane automatycznie jako część bieżącej instalacji robota. Więcej informacji o zapisywaniu instalacji robota zawiera 13.5.

10.10 Limity ogólne

Ogólne limity bezpieczeństwa służą do ograniczania liniowej prędkości punktu TCP robota, a także siły jaką może wywierać na środowisko. Składają się z po-

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

niższych wartości:

Siła: Limit maksymalnej siły, jaką punkt TCP robota może wywierać na środowisko.

Moc: Limit maksymalnej pracy mechanicznej wykonywanej przez robota w środowisku z uwzględnieniem faktu, że obciążenie jest częścią robota, a nie środowiska.

Prędkość: Limit maksymalnej liniowej prędkości punktu TCP robota.

Pęd: Limit maksymalnego pędu ramienia robota.

Istnieją dwa sposoby konfiguracji ogólnych limitów bezpieczeństwa w instalacji: *Ustawienia podstawowe* oraz *Ustawienia zaawansowane*, które są dalej opisane z większą dokładnością.

Zdefiniowanie ogólnych limitów bezpieczeństwa nakłada ograniczenie wyłącznie na narzędzie, a nie limity dla całego ramienia robota. To oznacza, że określenie limitu prędkości *nie gwarantuje*, że inne części ramienia robota będą podlegać takim samym ograniczeniom.

Jeśli w trybie *Ruch swobodny* (zob. 13.1.5) bieżąca prędkość punktu TCP robota zbliży się do limitu *Prędkość*, użytkownik odczuje przeciwdziałającą siłę, której wielkość wzrasta w miarę zbliżania się prędkości do limitu. Siła jest wytwarzana, kiedy prędkość bieżąca zbliży się na około 250 mm/s do limitu.

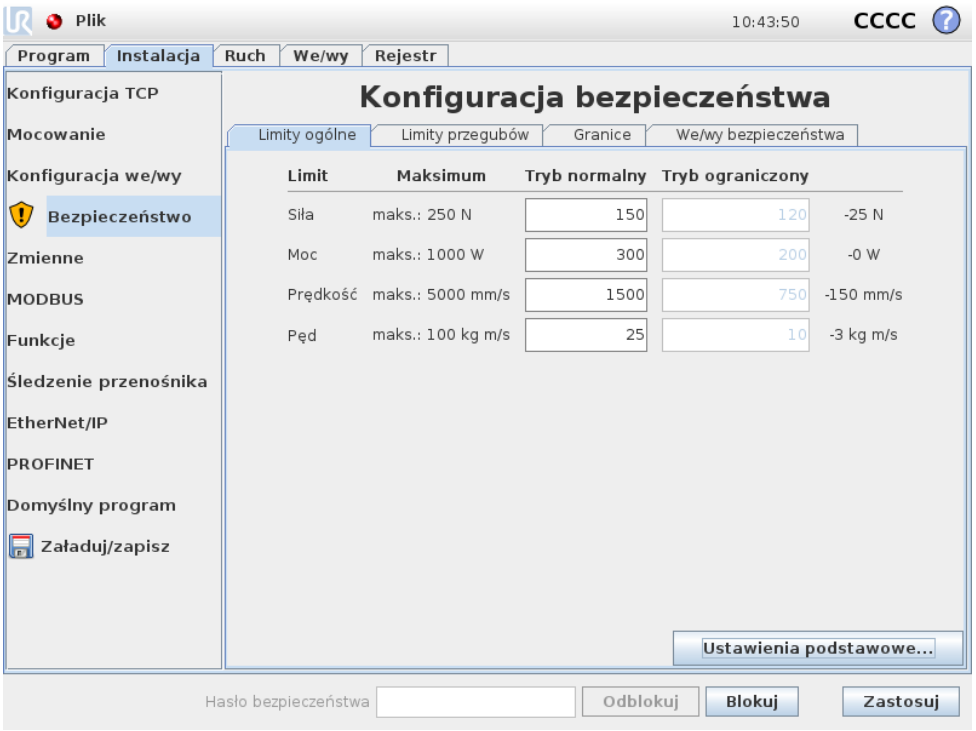
Ustawienia podstawowe Panel podrzędny ze wstępnymi limitami ogólnymi pokazywany jako ekran domyślny zawiera suwak z czterema zdefiniowanymi zbiorami wartości dla siły, mocy, prędkości i pędu dla trybów *Normalny* i *Ograniczony*.

Szczególne zestawy wartości są widoczne w interfejsie GUI. Wstępnie zdefiniowane zestawy wartości to jedynie sugestie i nie mogą zastąpić właściwej oceny ryzyka.

Przełączanie do ustawień zaawansowanych Jeśli *żaden* z predefiniowanych zestawów wartości nie będzie satysfakcjonujący, naciśnięcie przycisku `Ustawienia zaawansowane...` pozwala na przejście do ekranu zaawansowanych limitów ogólnych.

Ustawienia zaawansowane

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.



Tutaj każdy z ogólnych limitów opisanych w p. 10.10 może zostać zmieniony niezależnie od pozostałych. Odbywa się to przez dotknięcie odpowiedniego pola tekstowego i wprowadzenie nowej wartości. Najwyższa dopuszczalna wartość dla każdego z limitów jest podana w kolumnie o nazwie `Maksimum`. Limit siły można ustawić do wartości z zakresu od 100 N do 250 N, a limit mocy można ustawić do wartości z zakresu od 80 W do 1000 W.

Uwaga: Pola dla limitów w trybie *Ograniczonym* są nieaktywne, jeśli nie istnieje wyznaczona płaszczyzna bezpieczeństwa ani konfigurowalny sygnał wejściowy, które mogłyby taki tryb uruchomić (więcej szczegółowych informacji zawiera 10.12 i 10.13). Ponadto limity *Prędkość* i *Pęd* w trybie *Ograniczonym* nie mogą być wyższe niż ich odpowiedniki z trybu *Normalnego*.

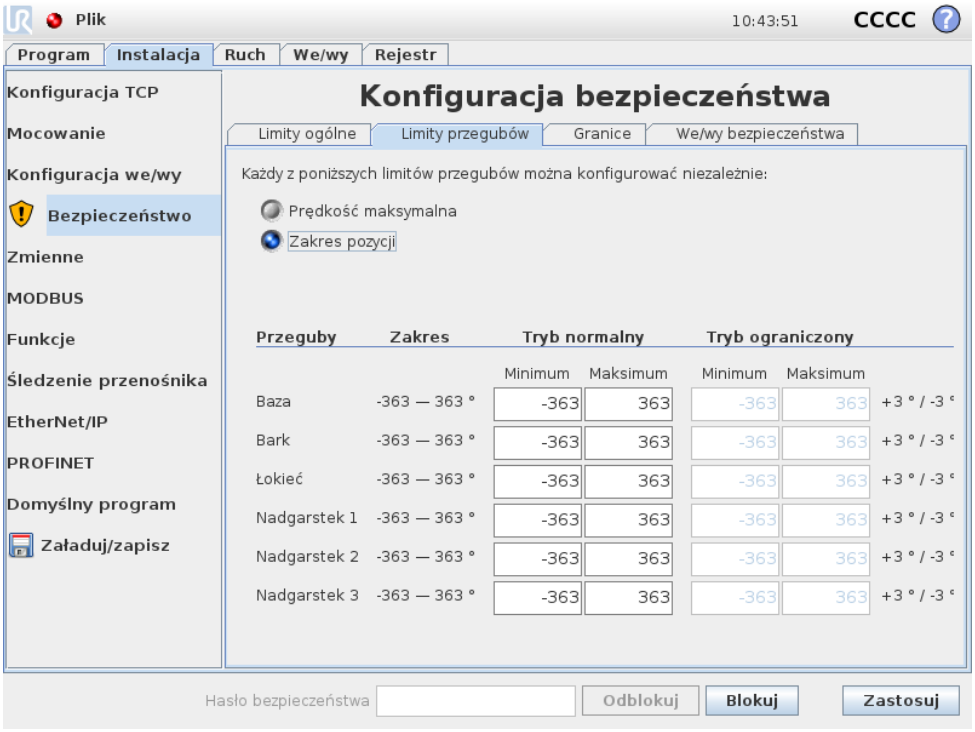
Tolerancje i jednostki każdego z limitów są wymienione na końcu odpowiadającego mu wiersza. Podczas wykonywania programu prędkość ramienia robota jest automatycznie regulowana, aby nie przekroczyć żadnej z wprowadzonych wartości pomniejszonej o tolerancję (zob. 10.4). Należy zauważyć, że znak minus widoczny przy każdej wartości tolerancji ma na celu wyłącznie wskazanie, że tolerancja jest odejmowana od rzeczywistej wprowadzonej wartości. System bezpieczeństwa wykonuje zatrzymanie kategorii 0, kiedy ramię robota przekroczy limit (bez tolerancji).

OSTRZEŻENIE:
Limit prędkości dotyczy wyłącznie punktu TCP robota, więc inne części ramienia robota mogą przemieszczać się szybciej niż wynika ze zdefiniowanej wartości.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Przełączanie do ustawień podstawowych Naciśnięcie przycisku `Ustawienia podstawowe...` spowoduje przejście z powrotem do ekranu podstawowych limitów ogólnych. We wszystkich limitach ogólnych zostają przywrócone ich ustawienia *domyślne*. Jeśli ta czynność może doprowadzić do utraty niestandardowych wartości, zostanie wyświetlone wyskakujące okienko z prośbą o potwierdzenie czynności.

10.11 Limity przegubów



Limity przegubów ograniczają ruch poszczególnych przegubów w ich własnej przestrzeni. Oznacza to, że nie odnoszą się do przestrzeni kartezjańskiej, lecz do wewnętrznej pozycji obrotu przegubów i ich obrotowej prędkości. Przyciski wyłącznego wyboru w górnej części podpanelu umożliwiają niezależne ustawienie `prędkości maksymalnej` oraz `zakresu pozycji` dla tych przegubów.

Jeśli w trybie *Ruch swobodny* (zob. 13.1.5) bieżąca pozycja lub szybkość przegubu zbliży się do limitu, użytkownik odczuje przeciwdziałającą siłę, której wielkość wzrasta w miarę zbliżania się przegubu do limitu. Siła jest wytwarzana, kiedy szybkość przegubu zbliży się na około 20 °/s do limitu szybkości lub pozycja zbliży się na około 8 ° do limitu pozycji.

Prędkość maksymalna Ta opcja określa maksymalną prędkość kątową dla każdego przegubu. Odbywa się to przez dotknięcie odpowiedniego pola tekstowego i wprowadzenie nowej wartości. Najwyższa dopuszczalna wartość jest podana w kolumnie o nazwie `Maksimum`. Żadnej z wartości nie można ustawić poniżej wartości tolerancji.

Można zauważyć, że pola dla limitów w trybie *Ograniczonym* są nieaktywne, jeśli nie istnieje wyznaczona płaszczyzna bezpieczeństwa ani konfigurowalny sygnał

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

wejściowy, które mogłyby taki tryb uruchomić (więcej szczegółowych informacji zawiera 10.12 i 10.13). Ponadto limity w trybie *Ograniczonym* nie mogą być wyższe niż ich odpowiedniki z trybu *Normalnego*.

Tolerancje i jednostki każdego z limitów są wymienione na końcu odpowiadającego mu wiersza. Podczas wykonywania programu prędkość ramienia robota jest automatycznie regulowana, aby nie przekroczyć żadnej z wprowadzonych wartości pomniejszonej o tolerancję (zob. 10.4). Należy zauważyć, że znak minus widoczny przy każdej wartości tolerancji ma na celu wyłącznie wskazanie, że tolerancja jest odejmowana od rzeczywistej wprowadzonej wartości. Jeśli jednak prędkość kątowa jednego z przegubów przekroczy wprowadzoną wartość (bez tolerancji), system bezpieczeństwa wykona zatrzymanie kategorii 0.

Zakres pozycji Na tym ekranie określony jest zakres pozycji dla każdego z przegubów. Odbywa się to przez dotknięcie odpowiedniego pola tekstowego i wprowadzenie nowych wartości granicznych dolnej i górnej pozycji przegubu. Wprowadzony zakres musi mieścić się w wartościach podanych w kolumnie o nazwie `Zakres`, a dolna granica nie może przewyższać górnej.

Uwaga: Pola dla limitów w trybie *Ograniczonym* są nieaktywne, jeśli nie istnieje wyznaczona płaszczyzna bezpieczeństwa ani konfigurowalny sygnał wejściowy, które mogłyby taki tryb uruchomić (więcej szczegółowych informacji zawiera 10.12 i 10.13).

Tolerancje i jednostki każdego z limitów są wymienione na końcu odpowiadającego mu wiersza. Pierwsza wartość tolerancji dotyczy wartości minimalnej, a druga wartości maksymalnej. Wykonywanie programu jest przerywane, kiedy pozycja przegubu zmierza do wyjścia z zakresu określonego przez dodanie pierwszej tolerancji do wprowadzonej minimalnej wartości oraz odjęcia drugiej tolerancji od wprowadzonej maksymalnej wartości, a przegub kontynuuje ruch wzdłuż przewidywanej trajektorii. Należy zauważyć, że znak minus widoczny przy każdej wartości tolerancji ma na celu wyłącznie wskazanie, że tolerancja jest odejmowana od rzeczywistej wprowadzonej wartości. Jeśli jednak pozycja przegubu przekroczy wprowadzony zakres, system bezpieczeństwa wykona zatrzymanie kategorii 0.

10.12 Granice

Na tej karcie możliwe jest skonfigurowanie granicznych limitów, na które składają się płaszczyzny bezpieczeństwa oraz limit maksymalnego dopuszczalnego odchylenia orientacji narzędzia robota. Możliwe jest także zdefiniowanie płaszczyzn, które powodują wyzwolenie przejścia do trybu *ograniczonego*.

Płaszczyzny bezpieczeństwa pozwalają na ograniczenie dopuszczalnej przestrzeni roboczej robota i wymuszenie pozostawania punktu TCP po właściwej stronie płaszczyzny oraz jej nieprzekraczania. Można skonfigurować do ośmiu płaszczyzn bezpieczeństwa. Ograniczenie orientacji narzędzia może być przydatne do zapewnienia, że ta orientacja nie będzie odbiegać od pożądanej o większą wartość, niż określono.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

OSTRZEŻENIE:
Zdefiniowanie płaszczyzn bezpieczeństwa ogranicza wyłącznie punkt TCP, nie stanowi limitu dla całego ramienia robota. To oznacza, że określenie płaszczyzny bezpieczeństwa *nie gwarantuje*, że inne części ramienia robota będą podlegać takim ograniczeniom.

Konfiguracja każdego z limitów granicznych opiera się na jednej z funkcji zdefiniowanych w bieżącej instalacji robota (zob. 13.12).

UWAGA:
Przed edytowaniem konfiguracji bezpieczeństwa mocno zalecane jest utworzenie wszystkich funkcji niezbędnych dla konfiguracji wszystkich pożądanych limitów granicznych i przypisanie im właściwych nazw. Należy pamiętać, że zasilanie ramienia robota jest wyłączane po odblokowaniu karty *Bezpieczeństwo*, więc niedostępna będzie funkcja `Narzędzie` (zawierająca aktualną pozycję i orientację punktu TCP robota) oraz tryb *ruchu swobodnego* (zob. 13.1.5).

Jeśli jest włączony tryb *Ruch swobodny* (zob. 13.1.5) i bieżąca pozycja punktu TCP robota jest zbliżona do płaszczyzny bezpieczeństwa lub odchylenie orientacji narzędzia robota od pożądanej orientacji jest bliskie określonemu maksymalnemu odchyleniu, użytkownik poczuje odpychającą siłę, która wzrasta w miarę zbliżania się punktu TCP do limitu. Siła jest wytwarzana, kiedy punkt TCP znajdzie się około 5 cm od płaszczyzny bezpieczeństwa lub odchylenie orientacji narzędzia wynosi około 3 ° od wyznaczonego odchylenia maksymalnego.

Kiedy płaszczyzna jest zdefiniowana jako *wyzwalająca tryb ograniczony*, a punkt TCP za nią przejdzie, system bezpieczeństwa przechodzi do trybu *ograniczonego*, w którym zastosowanie mają *ograniczone* ustawienia bezpieczeństwa. Płaszczyzny wyzwalające podlegają takim samym zasadom, co zwykłe płaszczyzny bezpieczeństwa za wyjątkiem tego, że ramię robota może przez nie przechodzić.

10.12.1 Wybór granicy do skonfigurowania

Panel `Granice bezpieczeństwa` po lewej stronie karty służy do wybrania limitu granicznego do skonfigurowania.

Aby wyznaczyć płaszczyznę bezpieczeństwa, należy kliknąć jedną z ośmiu pozycji podanych w panelu. Jeśli wybrana płaszczyzna bezpieczeństwa została już skonfigurowana, odpowiadające przedstawienie 3D płaszczyzny jest wyróżnione w `Widoku 3D` (zob. 10.12.2) z prawej strony panelu. Płaszczyznę bezpieczeństwa można zdefiniować w sekcji `Właściwości płaszczyzny bezpieczeństwa` (zob. 10.12.3) w dolnej części karty.

Aby skonfigurować graniczny limit orientacji narzędzia robota, należy kliknąć pozycję `Granica narzędzia`. Konfigurację limitu można zdefiniować w sekcji `Właściwości granicy narzędzia` (zob. 10.12.4) w dolnej części karty.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Aby włączyć lub wyłączyć wizualizację 3D limitu granicznego, należy kliknąć przycisk / . Jeśli limit graniczny jest aktywny, *tryb bezpieczeństwa* (zob. 10.12.3 i 10.12.4) jest oznaczany jedną z ikon: / / / .

10.12.2 Wizualizacja 3D

`Widok 3D` przedstawia skonfigurowane płaszczyzny bezpieczeństwa i limit graniczny orientacji dla narzędzia robota razem z bieżącą pozycją ramienia robota. Wszystkie pozycje skonfigurowanych granic, dla których włączono przełącznik widoczności (tzn. widoczne, ikona) w sekcji `Granice bezpieczeństwa` są wyświetlane razem z aktualnie wybranym limitem granicznym.

Płaszczyzny bezpieczeństwa (aktywne) są przedstawiane w kolorach żółtym i czarnym z małą strzałką normalną do płaszczyzny, która wskazuje tę stronę, po której dozwolone jest pozycjonowanie punktu TCP. Płaszczyzny wyzwalające są wyświetlane na niebiesko i na zielono. Mała strzałka określa stronę płaszczyzny, która *nie powoduje* przejścia do trybu *ograniczonego*. Kiedy płaszczyzna bezpieczeństwa jest wybrana w panelu z lewej strony karty, wyróżnione jest odpowiadające jej przedstawienie 3D.

Limit graniczny orientacji narzędzia jest wizualizowany przez sferyczny stożek oraz wektor określający bieżącą orientację narzędzia robota. Wnętrze stożka odpowiada polu dopuszczalnemu dla orientacji narzędzia (wektora).

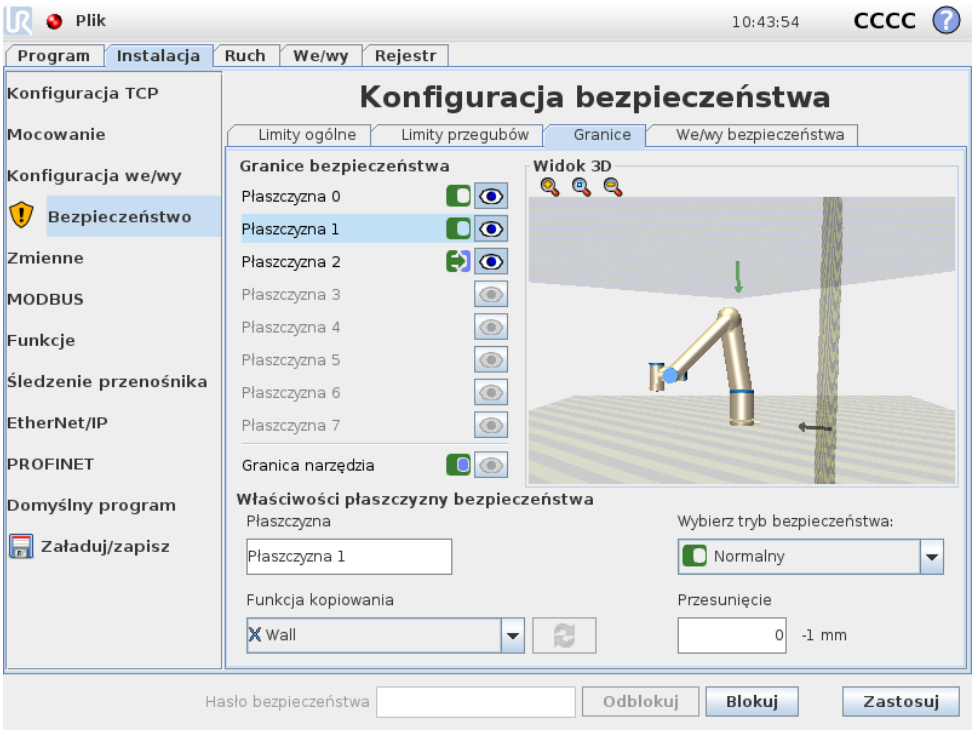
Kiedy płaszczyzna lub limit graniczny orientacji narzędzia są skonfigurowane, lecz nieaktywne, są wizualizowane w kolorze szarym.

Naciśnięcie ikony szkła powiększającego pozwala na powiększenie lub oddalenie, a przeciągnięcie palcem po ekranie na zmianę widoku.

10.12.3 Konfiguracja płaszczyzny bezpieczeństwa

Sekcja `Właściwości płaszczyzny bezpieczeństwa` w dolnej części karty definiuje konfigurację wybranej płaszczyzny bezpieczeństwa na panelu `Granice bezpieczeństwa` w lewej górnej części karty.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.



Nazwa W polu tekstowym `Nazwa` użytkownik może przypisać nazwę do wybranej płaszczyzny bezpieczeństwa. Nazwę można zmienić, dotykając pola tekstowego i wprowadzając nową.

Funkcja kopiowania Pozycja i kierunek normalny płaszczyzny bezpieczeństwa są zdefiniowane za pomocą funkcji (zob. 13.12) z bieżącej instalacji robota. Rozwijane pole w lewej dolnej części sekcji `Właściwości płaszczyzny bezpieczeństwa` pozwala na wybranie funkcji. Dostępne są tylko funkcje typu wskazującego i płaszczyznowe. Wybranie pozycji `<Niezdefiniowane>` powoduje wyczyszczenie konfiguracji płaszczyzny.

Oś Z wybranej funkcji będzie wskazywać zabronioną przestrzeń, natomiast kierunek normalny do płaszczyzny będzie wskazywać w przeciwną stronę. Wyjątek zachodzi po wybraniu funkcji `Baza`, wtedy kierunek normalny będzie wskazywać ten sam kierunek. Jeśli płaszczyzna jest skonfigurowana jako *wyzwalająca tryb ograniczony* (zob. 10.12.3), kierunek normalny wskazuje stronę płaszczyzny, która *nie powoduje* przejścia do trybu *ograniczonego*.

Należy pamiętać, że podczas konfiguracji płaszczyzny bezpieczeństwa przez wybranie funkcji informacje o pozycji są tylko *kopiowane* do tej płaszczyzny, a sama płaszczyzna *nie jest* powiązana z tą funkcją. To oznacza, że zmiana pozycji lub orientacji funkcji użytej do skonfigurowania płaszczyzny bezpieczeństwa nie spowoduje automatycznej aktualizacji płaszczyzny. Jeśli funkcja zostanie zmieniona, jest to oznaczane ikoną ⚠ znajdującą się nad selektorem funkcji. Kliknięcie przycisku 🔄 przy selektorze powoduje zaktualizowanie parametrów płaszczyzny bezpieczeństwa według bieżącej pozycji i orientacji funkcji. Ikona ⚠ jest wyświetlana także wtedy, kiedy wybrana funkcja została usunięta z instalacji.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Tryb bezpieczeństwa Rozwijane menu z prawej strony panelu `Właściwości płaszczyzny bezpieczeństwa` pozwala na określenie *trybu bezpieczeństwa* dla płaszczyzny bezpieczeństwa. Dostępne są poniższe tryby:

`Wyłączony`	Płaszczyzna bezpieczeństwa *nigdy* nie jest aktywna.
`Normalny`	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie *normalnym*, *aktywna* jest płaszczyzna trybu `normalnego` i ma funkcję *bezwzględnego limitu* dla położenia punktu TCP robota.
`Ograniczony`	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie *ograniczonym*, *aktywna* jest płaszczyzna trybu `ograniczonego` i ma funkcję *bezwzględnego limitu* dla położenia punktu TCP robota.
`Normalny i ograniczony`	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie albo *normalnym*, albo *ograniczonym*, *aktywna* jest płaszczyzna trybu `normalnego i ograniczonego` i ma funkcję *bezwzględnego limitu* dla położenia punktu TCP robota.
`Tryb ograniczony wyzwalany`	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie albo *normalnym*, albo *ograniczonym*, *aktywna* jest płaszczyzna trybu *ograniczonego wyzwalanego* i powoduje przejście systemu bezpieczeństwa do trybu *ograniczonego* zawsze, kiedy punkt TCP znajduje się za nią.

Wybrany *tryb bezpieczeństwa* jest wskazywany przez ikonę przy odpowiadającej pozycji na panelu `Granice bezpieczeństwa`. Jeśli ustawienie *trybu bezpieczeństwa* to `Wyłączony`, nie jest wyświetlana żadna ikona.

Przesunięcie Po wybraniu funkcji w rozwijanym polu w lewej dolnej części panelu `Właściwości płaszczyzny bezpieczeństwa`, płaszczyznę można liniowo przesunąć przez dotknięcie pola tekstowego `Przesunięcie` w prawej dolnej części tego panelu i wprowadzenie wartości. Wprowadzenie wartości dodatniej zwiększa dozwoloną przestrzeń roboczą robota przez odsunięcie płaszczyzny w kierunku przeciwnym do wektora normalnego, natomiast wprowadzenie wartości ujemnej zmniejsza dozwoloną przestrzeń przez odsunięcie płaszczyzny w kierunku zgodnym z wektorem normalnym.

Tolerancja i jednostka przesunięcia płaszczyzny granicznej są widoczne z prawej strony pola tekstowego.

Działanie płaszczyzn *limitu bezwzględnego* Wykonywanie programu jest przerywane, kiedy punkt TCP zmierza do przekroczenia aktywnej płaszczyzny o bezwzględnym limicie zmniejszonej o wartość tolerancji (zob. 10.4) i jeśli kontynuuje ruch wzdłuż przewidywanej trajektorii. Należy zauważyć, że znak minus widoczny przy każdej wartości tolerancji ma na celu wyłącznie wskazanie, że tole-

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

rancja jest odejmowana od rzeczywistej wprowadzonej wartości. System bezpieczeństwa wykona zatrzymanie kategorii 0, jeśli punkt TCP przekroczy określoną, graniczną płaszczyznę bezpieczeństwa (bez tolerancji).

Działanie płaszczyzn *wyzwalania trybu ograniczonego* Jeśli nie jest włączone zatrzymanie ochronne, a system bezpieczeństwa nie jest w specjalnym trybie *przywracania* (zob. 10.6), system pracuje w trybie *normalnym* albo *ograniczonym* i ruchy ramienia robota są ograniczone przez właściwy zbiór limitów.

Domyślnie system bezpieczeństwa jest w trybie *normalnym*. Przejście do trybu *ograniczonego* następuje po każdym wystąpieniu poniższej sytuacji:

a) Punkt TCP robota znajduje się za jedną z płaszczyzn *wyzwolenia trybu ograniczonego*, czyli znajduje się po stronie płaszczyzny *przeciwnej* do kierunku małej strzałki na wizualizacji płaszczyzny.

b) Skonfigurowana jest wejściowa funkcja bezpieczeństwa `trybu ograniczonego` i sygnały wejściowe są w stanie niskim (szczegółowe informacje zawiera p. 10.13).

Jeśli nie obowiązuje już żaden z powyższych warunków, system bezpieczeństwa przechodzi z powrotem do trybu *normalnego*.

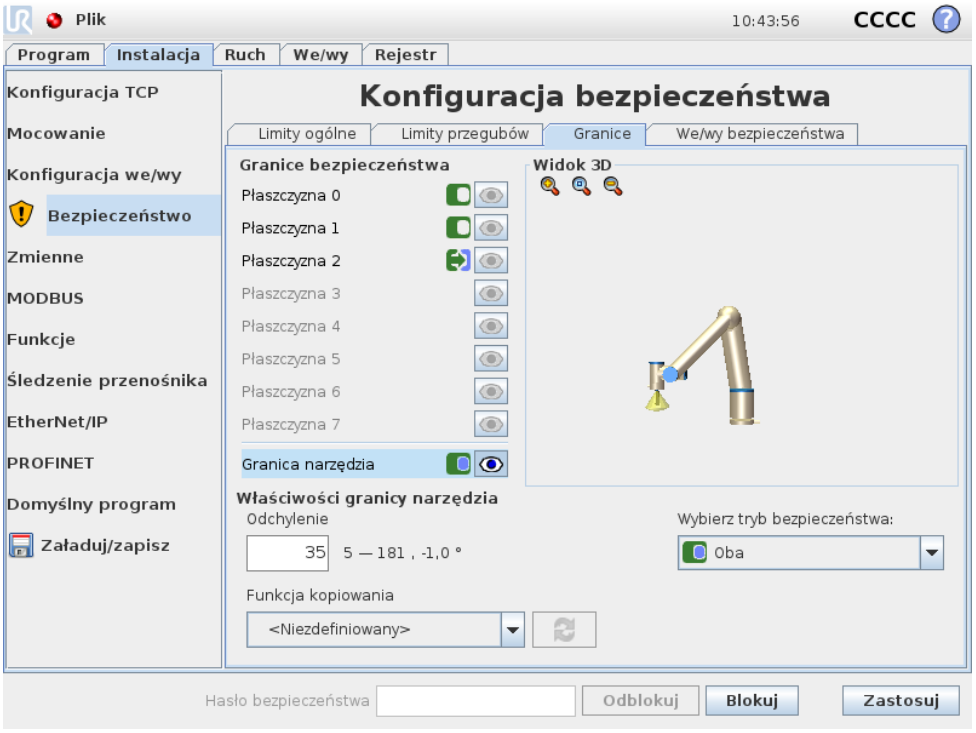
Jeśli przejście z trybu *normalnego* do *ograniczonego* zostało spowodowane przekroczeniem płaszczyzny *wyzwolenia trybu ograniczonego*, następuje przejście od zbioru limitów trybu *normalnego* do zbioru limitów trybu *ograniczonego*. Natychmiast jak punkt TCP robota znajdzie się 20 mm lub bliżej płaszczyzny *wyzwalania trybu ograniczonego* (lecz ciągle będzie znajdować się po stronie trybu *normalnego*), dla każdej z wartości limitów obowiązuje łagodniejszy limit trybu *normalnego* lub *ograniczonego*. Kiedy punkt TCP robota przejdzie przez płaszczyznę *wyzwalania trybu ograniczonego*, zbiór limitów trybu *normalnego* nie jest już aktywny i obowiązuje zbiór limitów trybu *ograniczonego*.

Jeśli przejście z trybu *ograniczonego* do *normalnego* zostało spowodowane przekroczeniem płaszczyzny *wyzwolenia trybu ograniczonego*, następuje przejście od zbioru limitów trybu *ograniczonego* do zbioru limitów trybu *normalnego*. Natychmiast jak punkt TCP robota przejdzie przez płaszczyznę *wyzwalania trybu ograniczonego*, dla każdej z wartości limitów obowiązuje łagodniejszy limit trybu *normalnego* lub *ograniczonego*. Kiedy punkt TCP robota znajdzie się 20 mm lub dalej od płaszczyzny *wyzwalania trybu ograniczonego* (po stronie trybu *normalnego*), zbiór limitów trybu *ograniczonego* nie jest już aktywny i obowiązuje zbiór limitów trybu *normalnego*.

Jeśli przewidywana trajektoria punktu TCP robota przekracza płaszczyznę *wyzwalania trybu ograniczonego*, ramię robota rozpocznie wyhamowywanie jeszcze przed przekroczeniem płaszczyzny, o ile może dojść do przekroczenia limitu prędkości przegubu, narzędzia lub limitu pędu z nowego zbioru limitów. Istnieje wymóg większej restrykcyjności tych limitów w trybie *ograniczonym*, więc takie wczesne hamowanie może wystąpić wyłącznie przy przejściu od trybu *normalnego* do *ograniczonego*.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

10.12.4 Konfiguracja granicy narzędzia



Panel `Właściwości granic narzędzia` w dolnej części karty definiuje limit dla orientacji narzędzia robota, który składa się z pożądanej orientacji narzędzia oraz wartości maksymalnego dopuszczalnego odchylenia tej orientacji.

Odchylenie Pole tekstowe `Odchylenie` zawiera wartość maksymalnego dopuszczalnego odchylenia orientacji narzędzia robota od orientacji pożądanej Wartość można zmienić, dotykając pola tekstowego i wprowadzając nową.

Przy polu tekstowym wyświetlany jest dopuszczalny zakres wartości z tolerancją i jednostką odchylenia.

Funkcja kopiowania Pożądana orientacja narzędzia robota jest zdefiniowana za pomocą funkcji (zob. 13.12) z bieżącej instalacji robota. Oś Z wybranej funkcji będzie zastosowana jako wektor pożądanej orientacji narzędzia dla tego limitu.

Rozwijane pole w lewej dolnej części panelu `Właściwości granic narzędzia` pozwala na wybranie funkcji. Dostępne są tylko funkcje typu wskazującego i płaszczyznowe. Wybranie pozycji `<Niezdefiniowane>` powoduje wyczyszczenie konfiguracji płaszczyzny.

Należy pamiętać, że podczas konfiguracji limitu przez wybranie funkcji informacje o orientacji są tylko *kopiowane* do tego limitu, a sam limit *nie jest* powiązany z tą funkcją. To oznacza, że zmiana pozycji lub orientacji funkcji użytej do skonfigurowania limitu nie spowoduje jego automatycznej aktualizacji. Jeśli funkcja zostanie zmieniona, jest to oznaczane ikoną ⚠ znajdującą się nad selektorem funkcji. Kliknięcie przycisku 🔄 przy selektorze powoduje zaktualizowanie limitu według

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

bieżącej orientacji funkcji. Ikona ⚠ jest wyświetlana także wtedy, kiedy wybrana funkcja została usunięta z instalacji.

Tryb bezpieczeństwa Rozwijane menu z prawej strony panelu `Właściwości granic narzędzia` pozwala na określenie *trybu bezpieczeństwa* dla granic orientacji narzędzia. Dostępne są następujące opcje:

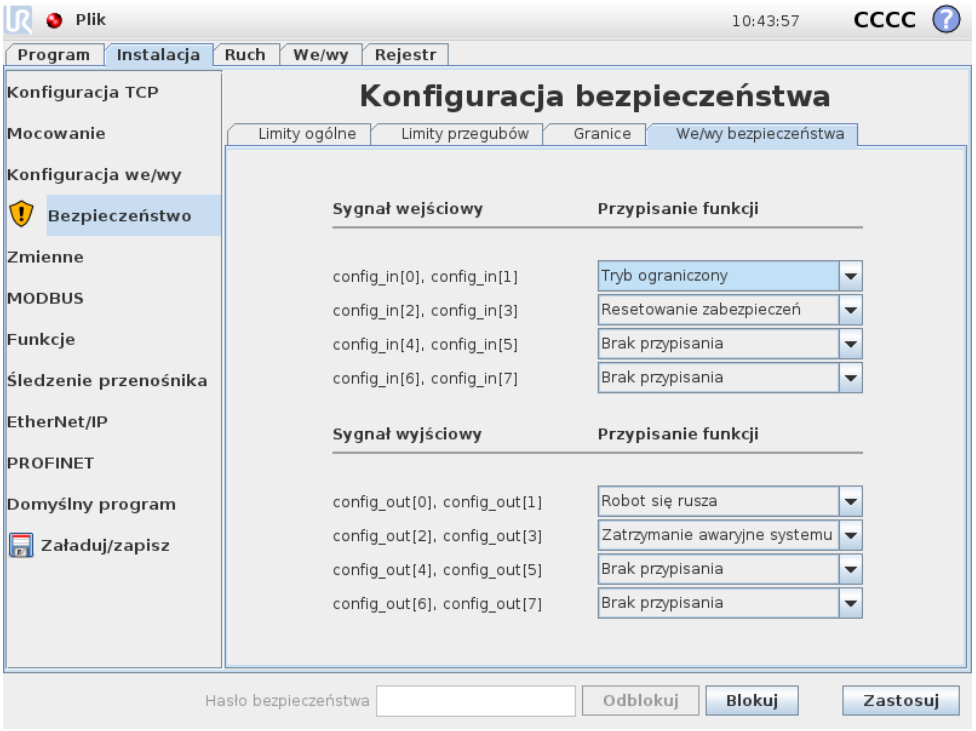
`Wyłączony`	Limit granicy narzędzia nigdy nie jest aktywny.
`Normalny`	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie *normalnym*, graniczny limit narzędzia jest aktywny.
`Ograniczony`	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie *ograniczonym*, graniczny limit narzędzia jest aktywny.
`Normalny i ograniczony`	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie albo *normalnym*, albo *ograniczonym*, graniczny limit narzędzia jest aktywny.

Wybrany *tryb bezpieczeństwa* jest wskazywany przez ikonę przy odpowiadającej pozycji na panelu `Granice bezpieczeństwa`. Jeśli ustawienie *trybu bezpieczeństwa* to `Wyłączony`, nie jest wyświetlana żadna ikona.

Działanie Wykonywanie programu jest przerywane, kiedy odchylenie orientacji narzędzia zmierza do przekroczenia maksymalnego odchylenia zmniejszonego o wartość tolerancji (zob. 10.4) i jeśli kontynuuje ruch wzdłuż przewidywanej trajektorii. Należy zauważyć, że znak minus widoczny przy każdej wartości tolerancji ma na celu wyłącznie wskazanie, że tolerancja jest odejmowana od rzeczywistej wprowadzonej wartości. System bezpieczeństwa wykona zatrzymanie kategorii 0, jeśli odchylenie orientacji narzędzia przekroczy limit (bez tolerancji).

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

10.13 We/wy bezpieczeństwa



Ten ekran definiuje *funkcje bezpieczeństwa* dla konfigurowalnych wejść i wyjść (we/wy). We/wy są podzielone między wejścia i wyjścia, każde z nich dobrane w parę tak, że każda funkcja gwarantuje kategorię[2] 3 i wej/wyj PLd.

Każda *funkcja bezpieczeństwa* może sterować tylko jedną parą wejść/wyjść. Próba ponownego wybrania jednej funkcji bezpieczeństwa powoduje usunięcie jej z pierwszej pary wcześniej zdefiniowanych we/wy. Są 5 *funkcje bezpieczeństwa* dla sygnałów wejściowych i 5 dla sygnałów wyjściowych.

10.13.1 Sygnały wejściowe

Dla sygnałów wejściowych można wybrać następujące *funkcje bezpieczeństwa*: `Zatrzymanie awaryjne systemu`, `Tryb ograniczony`, `Resetowanie zabezpieczeń`, `3-pozycyjne urządzenie zezwalające` i `Tryb pracy`.

`Zatrzymanie awaryjne systemu` Po skonfigurowaniu umożliwia zastosowanie dodatkowego przycisku `Zatrzymanie awaryjne` poza przyciskiem `Przycisk zatrzymania awaryjnego` na sterowniku uczenia. W ramach tej funkcji należy użyć urządzenia zgodnego z normą ISO 13850.

`Tryb ograniczony` Wszystkie limity bezpieczeństwa mają dwa tryby, w których mogą być stosowane: *Normalny* który określa domyślną konfigurację bezpieczeństwa oraz *Ograniczony* (więcej szczegółowych informacji zawiera p. 10.6). Po wybraniu tej wejściowej funkcji bezpieczeństwa, niski stan wejścia powoduje przejście systemu bezpieczeństwa do trybu *ograniczonego*. W razie konieczności ramię

[2] Wg ISO 13849-1, więcej informacji zawiera słowniczek.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

robota wyhamowuje, aby zachować zgodność ze zbiorem limitów trybu *ograniczonego*. Jeśli ramię robota będzie w dalszym ciągu naruszać dowolny z limitów trybu *ograniczonego*, nastąpi zatrzymanie kategorii 0. Przejście z powrotem do trybu *normalnego* odbywa się w ten sam sposób. Należy pamiętać, że płaszczyzny bezpieczeństwa również powodują przejście do trybu *ograniczonego* (szczegółowe informacje zawiera p. 10.12.3).

Resetowanie zabezpieczeń Jeśli funkcja `Zatrzymanie przez zabezpieczenie` jest podłączona do we/wy bezpieczeństwa, to wejście pozwala na utrzymanie stanu zatrzymania przez zabezpieczenie do czasu wyzwolenia resetowania. Ramię robota nie wykona ruchu w stanie zatrzymania przez zabezpieczenie.

OSTRZEŻENIE:
Domyślnie funkcja `Resetowanie zabezpieczeń` jest skonfigurowana dla styków wejściowych 0 i 1. Całkowite wyłączenie funkcji oznacza, że ramię robota wychodzi ze stanu zatrzymania przez zabezpieczenie natychmiast, kiedy wejście `Zatrzymanie przez zabezpieczenie` przejdzie do stanu wysokiego. Ujmując inaczej, w przypadku braku funkcji `Resetowanie zabezpieczeń` wejścia SI0 i SI1 `Zatrzymanie przez zabezpieczenie` (zob. Podręcznik instalacji sprzętu) całkowicie określają, czy stan zatrzymania przez zabezpieczenie jest aktywny, czy nie.

3-pozycyjne urządzenie zezwalające oraz Tryb pracy Pozwalają na zastosowanie 3-pozycyjnego urządzenia zezwalającego, pracującego jako dodatkowy środek bezpieczeństwa podczas konfigurowania i programowania robota. Przy skonfigurowanym wejściu `3-pozycyjne urządzenie zezwalające` robot działa w „trybie wykonawczym" lub „trybie programowania". W prawym górnym rogu pojawi się ikona odpowiadająca bieżącemu trybowi:

- *Tryb wykonawczy*: Robot może wykonywać tylko predefiniowane zadania. Karta Ruch oraz tryb Ruch swobodny są niedostępne.
- *Tryb programowania*: Ograniczenia obowiązujące w *trybie wykonawczym* są zniesione. Kiedy jednak stan wejścia `3-pozycyjne urządzenie zezwalające` jest niski, robot jest zatrzymywany przez zabezpieczenie. Również suwak szybkości jest ustawiony według wartości początkowej, która odpowiada 250 mm/s, co można stopniowo zwiększać i uzyskać większą szybkość. Suwak szybkości jest ustawiany do niskiej wartości zawsze, kiedy stan wejścia `3-pozycyjne urządzenie zezwalające` zmienia się z niskiego na wysoki.

Są dwa sposoby konfiguracji dla doboru trybu pracy:

1. Aby wybrać tryb pracy za pomocą zewnętrznego urządzenia wyboru trybu, należy skonfigurować wejście `Tryb pracy`. Opcja jego konfiguracji będzie dostępna w rozwijanych menu po skonfigurowaniu wejścia `3-pozycyjne urządzenie zezwalające`. Robot będzie w *trybie wykonawczym*, kiedy stan wejścia `Tryb pracy` jest niski i w *trybie programowania*, kiedy jest wysoki.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

2. Aby wybrać tryb pracy w oprogramowaniu PolyScope, w konfiguracji bezpieczeństwa musi być skonfigurowane i podłączone tylko wejście `3-pozycyjne urządzenie zezwalające`. W takim przypadku domyślnym trybem jest *wykonawczy*. Aby przełączyć się do *trybu programowania*, należy nacisnąć przycisk „Zaprogramuj robota" na ekranie powitalnym. Aby powrócić do *trybu wykonawczego*, wystarczy opuścić ekran „Zaprogramuj robota".

UWAGA:

- Po potwierdzeniu konfiguracji we/wy bezpieczeństwa przy włączonej funkcji `3-pozycyjne urządzenie zezwalające` automatycznie wyświetla się ekran powitalny. Automatyczne wyświetlenie ekranu powitalnego następuje także po zmianie trybu pracy z *programowania* na *wykonawczy*.
- Jeśli stosowany jest fizyczny przełącznik trybu, musi on być zgodny z ISO 10218-1; akapit 5.7.1 dot. wyboru.
- Włącznik 3-pozycyjny oraz jego działanie, cechy oraz praca musi w całości być zgodny z ISO 10218-1: akapit 5.8.3 dot. Uruchamiania urządzenia.

10.13.2 Sygnały wyjściowe

Dla sygnałów wyjściowych można zastosować niżej wymienione *funkcje bezpieczeństwa*. Wszystkie sygnały powracają do stanu niskiego, kiedy zaniknie warunek wyzwalający stan wysoki:

`Zatrzymanie awaryjne systemu` Niski stan sygnału pojawia się tylko, kiedy system bezpieczeństwa został przełączony do stanu `zatrzymania awaryjnego` przez wejście Zatrzymanie awaryjne robota lub Przycisk zatrzymania awaryjnego. Aby uniknąć zablokowania, po wyzwoleniu stanu `zatrzymania awaryjnego` przez wejście Zatrzymanie awaryjne systemu niski sygnał nie będzie wysyłany.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

UWAGA:
Maszyny zewnętrzne przechodzące w stan `zatrzymania awaryjnego` na podstawie sygnału z robota za pośrednictwem wyjścia `awaryjnego zatrzymania systemu` muszą być zgodne z normą ISO 13850. Jest to szczególnie konieczne w konfiguracjach z wejściem Zatrzymanie awaryjne robota podłączonym do zewnętrznego urządzenia zatrzymania awaryjnego. W takich przypadkach wyjście `awaryjnego zatrzymania systemu` będzie miało stan wysoki po zadziałaniu zewnętrznego urządzenia zatrzymania awaryjnego. Oznacza to, że stan zatrzymania awaryjnego maszyn zewnętrznych zostanie zresetowany bez wykonywania ręcznych czynności przez operatora robota. W związku z tym ze względu na normy bezpieczeństwa konieczne jest ręczne wznowienie działania maszyn zewnętrznych.

`Ruch robota` Niski stan sygnału pojawia się zawsze, kiedy ramię robota jest w stanie ruchu. Kiedy ramię robota jest w stałym położeniu, stan sygnału jest wysoki.

`Robot się nie zatrzymuje` W przypadku żądania zatrzymania ramienia robota między żądaniem a rzeczywistym zatrzymaniem ramienia upływa pewien czas. W tym czasie sygnał będzie w stanie wysokim. Sygnał jest niski, kiedy ramię robota się porusza i nie było żądania zatrzymania, a także kiedy ramię robota jest w pozycji zatrzymanej.

`Tryb ograniczony` Wysyła niski stan sygnału, kiedy ramię robota jest w trybie *ograniczonym* lub jeśli wejście bezpieczeństwa skonfigurowano jako wejście sygnału `trybu ograniczonego` i ten sygnał jest aktualnie niski. W innych przypadkach stan sygnału jest wysoki.

`Poza trybem ograniczonym` Sytuacja odwrotna niż zdefiniowana powyżej dla `trybu ograniczonego`.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

11 Rozpoczęcie programowania

11.1 Wprowadzenie

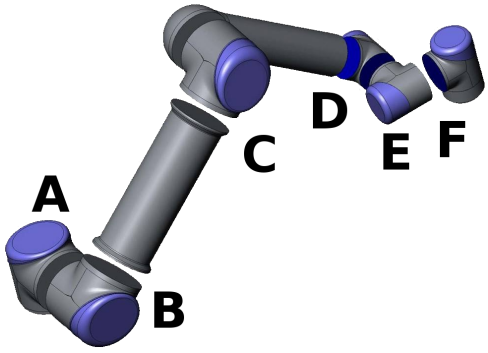
Ramię robota Universal Robots składa się z przegubów i rur. Przeguby oraz ich przyjęte nazwy są pokazane na rysunku 11.1. **Podstawa** to miejsce zamocowania robota, a narzędzie robota jest przyłączane na drugim końcu (**Nadgarstek 3**). Poprzez koordynowanie ruchu każdego z przegubów robot może swobodnie przesuwać swoje narzędzie za wyjątkiem obszaru bezpośrednio nad i pod podstawą.

PolyScope to graficzny interfejs użytkownika (GUI), który pozwala użytkownikowi na obsługę ramienia robota i skrzynki sterowniczej, wykonywanie programów robota i łatwe tworzenie nowych.

Poniższa sekcja zawiera wprowadzenie do pracy z robotem. Dalej znajdują się bardziej szczegółowe opisy ekranów i funkcji PolyScope.

NIEBEZPIECZEŃSTWO:

1. Dokument Podręcznik instalacji sprzętu zawiera ważne informacje dotyczące bezpieczeństwa, które integrator robotów UR musi ze zrozumieniem przeczytać przed włączeniem robota po raz pierwszy.
2. Integrator musi ustawić parametry konfiguracji bezpieczeństwa określone w procesie oceny ryzyka, zanim po raz pierwszy włączy ramię robota, zob. rozdział 10.



Rysunek 11.1: Przeguby robota. A: *Podstawa*, B: *Bark*, C: *Łokieć* i D, E, F: *Nadgarstek 1, 2, 3*

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

11.2 Pierwsze kroki

Zanim możliwe będzie używanie PolyScope, konieczne jest zainstalowanie ramienia robota i skrzynki sterowniczej oraz włączenie skrzynki.

11.2.1 Instalacja ramienia robota i skrzynki sterowniczej

Aby zainstalować ramię robota i skrzynkę sterowniczą, należy wykonać procedurę:

1. Rozpakuj ramię robota oraz skrzynkę sterowniczą.
2. Zamontuj ramię robota na solidnej powierzchni, na której nie występują wibracje.
3. Umieść skrzynkę sterowniczą na jej podstawie.
4. Podłącz kabel robota do robota oraz do skrzynki sterowniczej.
5. Podłącz wtyczkę zasilania sieciowego skrzynki sterowniczej.

OSTRZEŻENIE:
Zagrożenie przewróceniem. Jeśli robot nie będzie bezpiecznie zamocowany do wytrzymałej powierzchni, może się przewrócić i spowodować obrażenia.

Szczegółowe instrukcje instalacji zawiera Podręcznik instalacji sprzętu. Należy pamiętać, że zanim ramię robota wykona jakiekolwiek zadanie konieczne jest przeprowadzenie oceny ryzyka.

11.2.2 Włączanie i wyłączanie skrzynki sterowniczej

Skrzynkę sterowniczą włącza się przez naciśnięcie przycisku zasilania z przedniej strony panelu z ekranem dotykowym. Ten panel jest zwykle nazywany *sterownikiem uczenia*. Kiedy skrzynka sterownicza zostaje włączona, na ekranie dotykowym pojawi się tekst z pracującego systemu operacyjnego. Po około jednej minucie na ekranie pojawi się kilka przycisków, a okno wyskakujące przeprowadza użytkownika do ekranu inicjowania (zob. 11.5).

Skrzynkę sterowniczą można wyłączyć przez naciśnięcie zielonego przycisku zasilania na ekranie lub za pomocą przycisku `Wyłącz` na ekranie powitalnym (zob. 11.4).

OSTRZEŻENIE:
Wyłączanie przez wyjęcie wtyczki z gniazdka ściennego może spowodować uszkodzenie systemu plików robota, co może doprowadzić do usterki robota.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

11.2.3 Włączanie i wyłączanie ramienia robota

Ramię robota można włączyć, jeśli skrzynka sterownicza jest włączona i jeśli nie jest włączony żaden z przycisków zatrzymania awaryjnego. Włączanie ramienia robota odbywa się na ekranie inicjowania (zob. 11.5) przez dotknięcie przycisku `Wł.` na ekranie, a następnie naciśnięcie przycisku `Start`. Podczas uruchamiania robota wydaje on dźwięk i nieznacznie się porusza w chwili zwolnienia hamulców.

Zasilanie ramienia robota można wyłączyć przez dotknięcie przycisku `Wył.` na ekranie inicjowania. Zasilanie ramienia robota jest także wyłączane automatycznie w chwili wyłączenia skrzynki sterowniczej.

11.2.4 Szybki start

Aby szybko uruchomić robota po jego zainstalowaniu, należy wykonać czynności:

1. Naciśnij przycisk zatrzymania awaryjnego z przodu sterownika uczenia.
2. Naciśnij przycisk zasilania na sterowniku uczenia.
3. Poczekaj minutę na rozruch systemu, podczas którego na ekranie dotykowym będzie wyświetlany tekst.
4. Kiedy system będzie gotowy, na ekranie dotykowym wyświetlone zostanie okno wyskakujące z informacją, że robot wymaga inicjowania.
5. Dotknij przycisk OK w wyskakującym oknie dialogowym. Nastąpi przejście do ekranu inicjowania.
6. Poczekaj na okno dialogowe `Potwierdzenie zastosowanej konfiguracji bezpieczeństwa` i naciśnij przycisk `Potwierdź konfigurację bezpieczeństw` Spowoduje to wprowadzenie wstępnego zestawu parametrów bezpieczeństwa, które będą musiały być dostosowane według oceny ryzyka.
7. Odblokuj przycisk zatrzymania awaryjnego. Stan robota zmienia się z `Zatrzymania awaryjnego` na `Wyłączenie zasilania`.
8. Wyjdź poza zasięg robota (jego przestrzeń roboczą).
9. Dotknij przycisk `Wł.` na ekranie dotykowym. Odczekaj kilka sekund, aż stan robota zmieni się na `Bezczynność`.
10. Sprawdź, czy masa obciążenia i wybrane mocowanie są prawidłowe. Użytkownik jest informowany, jeśli wybrane mocowanie nie odpowiada mocowaniu wykrytemu na podstawie danych z czujników.
11. Dotknij przycisk `Start` na ekranie dotykowym. Robot wydaje on dźwięk i nieznacznie się porusza w chwili zwolnienia hamulców.
12. Dotknij przycisk `OK`, aby przejść do ekranu `powitalnego`.

11.2.5 Pierwszy program

Program to lista poleceń, które mówią robotowi, co ma robić. Dzięki PolyScope robota mogą zaprogramować nawet osoby z niewielkim doświadczeniem programistycznym. W przypadku większości zadań programowanie jest wykonywane wyłącznie przy pomocy panelu dotykowego, bez wpisywania jakichkolwiek zagadkowych poleceń.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Ponieważ ruch narzędzia jest tak istotną częścią programu robota, sposób uczenia robota, w jaki sposób ma się poruszać ma znaczenie krytyczne. W PolyScope ruchy narzędzia są podawane przy pomocy **punktów orientacyjnych**, czyli punktów w przestrzeni roboczej robota. Punkt orientacyjny można podać, przesuwając robota do określonej pozycji, można go też obliczyć programowo. Aby przesunąć ramię robota do wybranej pozycji, należy albo użyć karty Przesuń (zob. 13.1), albo po prostu pociągnąć ramię robota na właściwe miejsce, trzymając wciśnięty przycisk **ruchu swobodnego** w tylnej części sterownika uczenia.

Poza przechodzeniem przez punkty orientacyjne program może wysyłać sygnały we/wy do innych urządzeń w pewnych punktach toru robota i wykonywać polecenia, takie jak instrukcje warunkowe **if...then** i **pętla** w oparciu o zmienne i sygnały we/wy.

Aby utworzyć prosty program w robocie, który został już uruchomiony, należy wykonać czynności:

1. Dotknij przycisk `Programuj robota` i wybierz opcję `Pusty program`.
2. Dotknij przycisk `Następny` (w prawym dolnym rogu), aby wybrać wiersz `<pusty>` w strukturze drzewa po lewej stronie ekranu.
3. Przejdź do karty `Struktura`.
4. Dotknij przycisk `Porusz`.
5. Przejdź do karty `Polecenie`.
6. Naciśnij przycisk `Następny`, aby przejść do ustawień `Punkt orientacyjny`.
7. Naciśnij przycisk `Ustaw ten punkt orientacyjny` obok obrazka „?”.
8. Na ekranie `Ruch` można poruszać robotem, naciskając różne niebieskie strzałki, można też przesunąć robota, naciskając przycisk `Ruch swobodny` znajdujący się z tyłu sterownika uczenia, jednocześnie ciągnąc za ramię robota.
9. Naciśnij przycisk `OK`.
10. Naciśnij przycisk `Dodaj punkt orientacyjny przed`.
11. Naciśnij przycisk `Ustaw ten punkt orientacyjny` obok obrazka „?”.
12. Na ekranie `Ruch` przesuń robota, naciskając różne niebieskie strzałki lub naciskając przycisk `Ruch swobodny`, jednocześnie ciągnąc za ramię robota.
13. Naciśnij przycisk `OK`.
14. Program jest gotowy. Po naciśnięciu symbolu „Odtwarzaj” robot zacznie poruszać się między dwoma punktami. Stań w bezpiecznej odległości i w gotowości do naciśnięcia przycisku zatrzymania awaryjnego i naciśnij przycisk „Odtwarzaj”.
15. Gratulacje! Oto pierwszy program robota, przemieszczający go pomiędzy dwoma podanymi punktami orientacyjnymi.

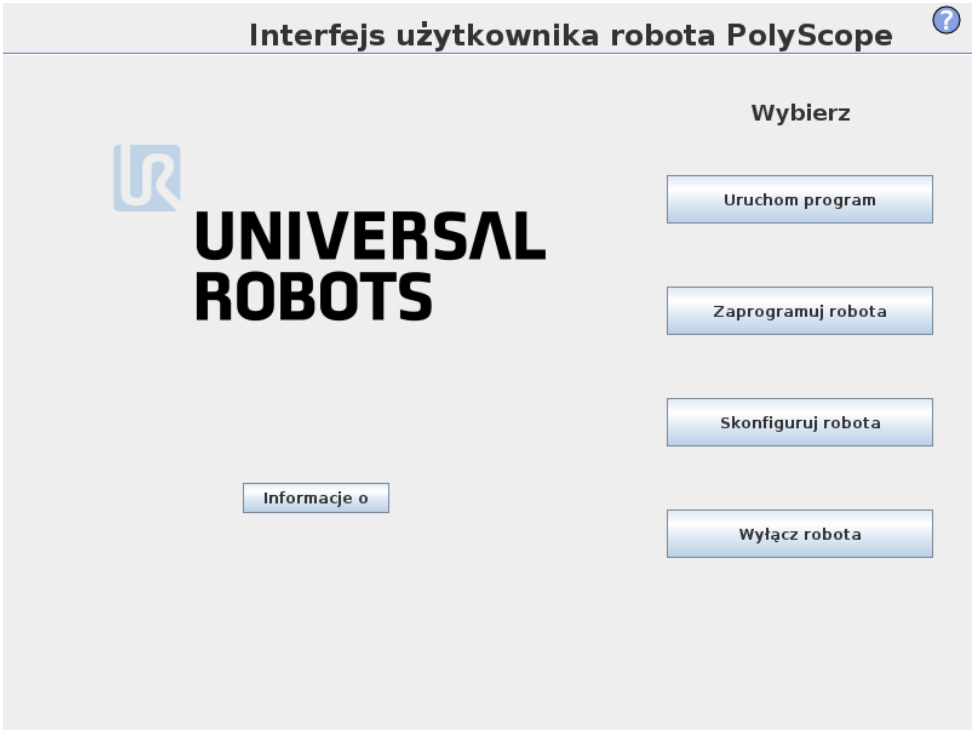
Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

OSTRZEŻENIE:

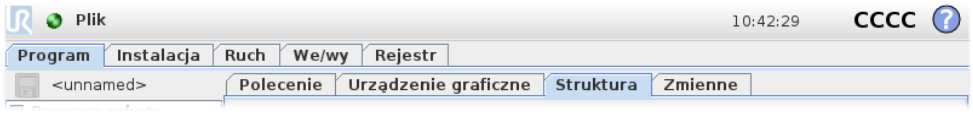
1. Nie wolno przemieszczać robota na niego ani na inne obiekty, może to spowodować jego uszkodzenie.
2. Głowę i tułów należy utrzymywać poza zasięgiem (przestrzenią roboczą) robota. Nie wolno umieszczać palców w miejscach, w których mogą być pochwycone.
3. To tylko przewodnik szybkiego startu, pokazujący jak łatwe jest używanie robota UR. Zakłada się przyjazne środowisko i obsługę bardzo ostrożnego użytkownika. Nie wolno zwiększać prędkości ani przyspieszenia powyżej wartości domyślnych. Przed każdym użyciem robota w pracy należy przeprowadzić ocenę ryzyka.

11.3 Interfejs programistyczny PolyScope

PolyScope pracuje na ekranie dotykowym dołączonym do skrzynki sterowniczej.



Powyższa ilustracja przedstawia ekran powitalny. Niebieskawe obszary ekranu to przyciski, które można nacisnąć przez dotknięcie ekranu palcem lub odwróconym długopisem. PolyScope ma hierarchiczną strukturę ekranów. W środowisku programowania ekrany są ułożone jako *karty*, umożliwiając łatwy dostęp.



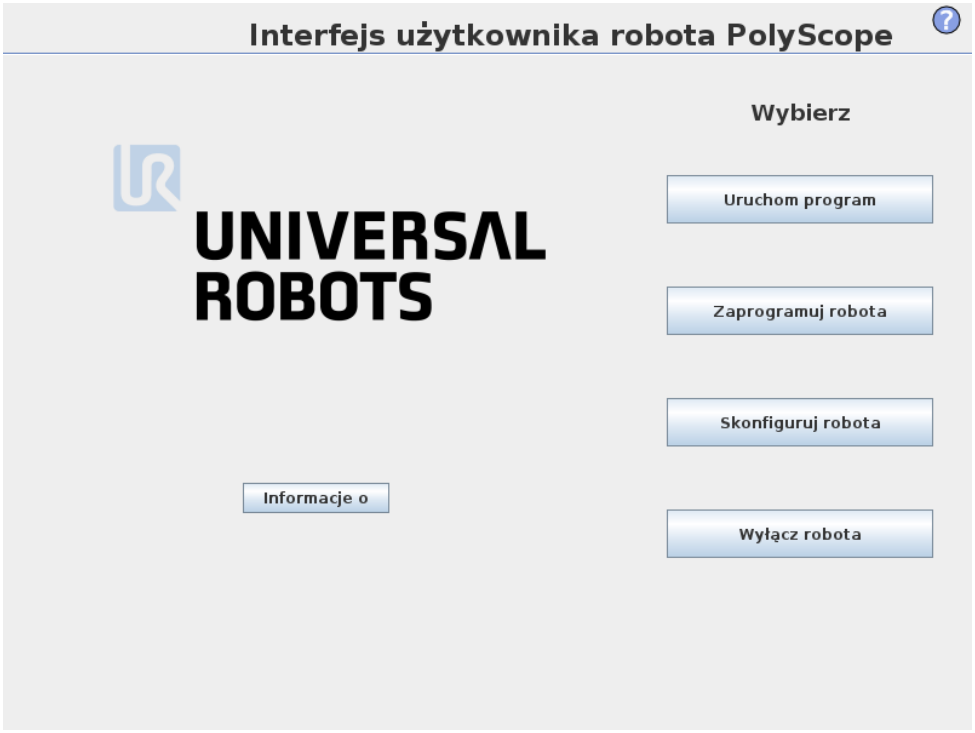
Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

W tym przykładzie wybrana jest karta **Program** na górnym poziomie, a poniżej wybrana jest karta `Struktura`. Karta `Program` zawiera informacje związane z aktualnie załadowanym programem. Po wybraniu karty **Ruch** ekran zmienia się na ekran **Ruch**, z którego można poruszać ramieniem robota. Podobnie wybór karty **We/wy** pozwala na monitorowanie i zmianę aktualnego stanu elektrycznych wejść i wyjść.

Do skrzynki sterownika lub pilota uczenia można podłączyć mysz i klawiaturę, ale nie jest to wymagane. Prawie wszystkie pola tekstowe mogą być obsługiwane dotykowo, a ich dotknięcie uruchamia klawiaturę ekranową lub standardową.

W kolejnych sekcjach zostały opisane różne ekrany PolyScope.

11.4 Ekran powitalny

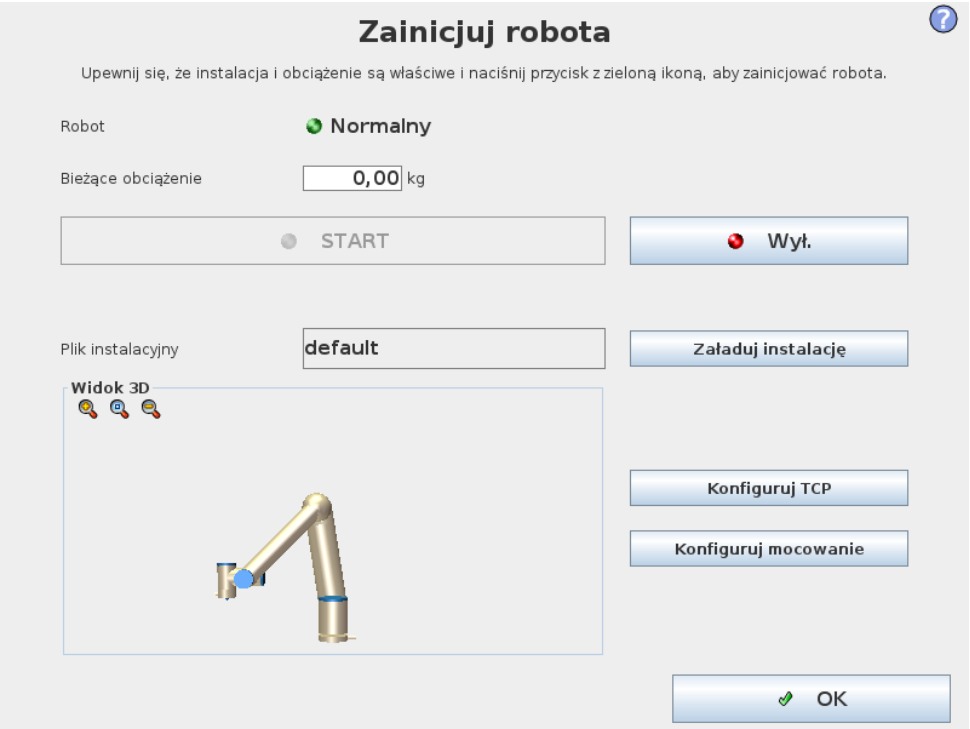


Po włączeniu sterującego komputera PC pokazany zostaje ekran powitalny. Na ekranie tym znajdują się następujące opcje:

- **Uruchom program:** Wybór i uruchomienie istniejącego programu. Jest to najprostszy sposób obsługi ramienia robota i skrzynki sterowniczej.
- **Zaprogramuj robota:** Zmiana programu lub utworzenie nowego.
- **Skonfiguruj robota:** Zmiana języka, ustawienie haseł, aktualizacja oprogramowania itp.
- **Wyłącz robota:** Wyłączenie zasilania ramienia robota i wyłączenie skrzynki sterowniczej.
- **Informacje o:** Szczegółowe informacje o wersjach oprogramowania, nazwie hosta, adresie IP, numerze seryjnym i informacje prawne.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

11.5 Ekran inicjowania



Na tym ekranie można sterować inicjowaniem ramienia robota.

Wskaźnik stanu ramienia robota

Dioda stanu wskazuje stan roboczy ramienia robota:

- Jasnoczerwona dioda oznacza, że ramię robota jest aktualnie w stanie zatrzymanym, może być kilka przyczyn.
- Jasnożółta dioda oznacza, że ramię robota jest włączone, ale nie jest gotowe do normalnej pracy.
- Zielona dioda oznacza, że ramię robota jest włączone i gotowe do normalnej pracy.

Napis pojawiający się obok diody dokładniej określa aktualny stan ramienia robota.

Aktywne obciążenie i instalacja

Kiedy ramię robota jest włączane, masa obciążenia zastosowana w sterowniku do obsługi ramienia robota jest wyświetlana w małym, białym polu tekstowym. Tą wartość można zmienić, dotykając pola tekstowego i wprowadzając nową.
Należy pamiętać, że ustawienie tej wartości nie zmienia obciążenia w instalacji robota (zob. 13.6), ustawiana jest tylko masa obciążenia, która ma być wykorzystywana przez sterownik.

Podobnie nazwa aktualnie załadowanego pliku instalacji jest wyświetlana w szarym polu tekstowym. Możliwe jest załadowanie innej instalacji przez dotknięcie

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

pola tekstowego lub użycie znajdującego się obok przycisku **Załaduj**. Możliwe jest również dostosowanie załadowanej instalacji za pomocą przycisków znajdujących się przy widoku 3D w dolnej części ekranu.

Zanim ramię robota zostanie uruchomione, bardzo ważne jest sprawdzenie, czy aktywne obciążenie i aktywna instalacja odpowiadają rzeczywistej sytuacji, w jakiej znajduje się ramię robota.

Inicjowanie ramienia robota

NIEBEZPIECZEŃSTWO:
Przed każdym uruchomieniem ramienia robota należy sprawdzić, czy rzeczywiste obciążenie i instalacja są prawidłowe. Jeśli te ustawienia będą błędne, ramię robota i skrzynka sterownicza nie będą działać prawidłowo i mogą stanowić zagrożenie dla osób i wyposażenia w ich pobliżu.

PRZESTROGA:
Należy zachować wielką ostrożność, jeśli ramię robota dotyka przeszkody lub stołu, ponieważ dociskanie ramienia do przeszkody może uszkodzić przekładnię przegubu.

Duży przycisk z umieszczoną na nim zieloną ikoną służy do wykonywania rzeczywistego inicjowania ramienia robota. Napis na nim i wykonywane czynności zależą od aktualnego stanu ramienia robota.

- Po uruchomieniu komputera PC sterownika należy jeden raz nacisnąć przycisk, aby włączyć ramię robota. Stan ramienia robota zmieni się wtedy na **Włączenie zasilania**, a następnie na **Bezczynny**. Należy pamiętać, że przy zatrzymaniu awaryjnym zasilanie ramienia robota nie jest możliwe, więc przycisk ten będzie nieaktywny.
- Kiedy stan robota to **Bezczynny**, należy ponownie dotknąć przycisku w celu uruchomienia ramienia. W takiej chwili sprawdzane są dane z czujników pod kątem skonfigurowanego mocowania ramienia robota. Jeśli zostanie wykryta niezgodność (z tolerancją 30°), przycisk staje się nieaktywny, a pod nim wyświetlany jest komunikat o błędzie.

  Jeśli weryfikacja mocowania będzie pomyślna, dotknięcie przycisku spowoduje zwolnienie wszystkich hamulców przegubów i ramię robota będzie gotowe do normalnej pracy. Należy pamiętać, że przy zwalnianiu hamulców robot wydaje dźwięk i nieznacznie się porusza.
- Jeśli ramię robota naruszy jeden z limitów bezpieczeństwa podczas uruchamiania, będzie działać w specjalnym **trybie przywracania**. W tym trybie dotknięcie przycisku spowoduje przełączenie do ekranu ruchu przywracającego, w którym ramię robota można wycofać do limitów bezpieczeństwa.
- W przypadku wystąpienia awarii możliwe jest ponowne uruchomienie sterownika za pomocą przycisku.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

- Jeśli sterownik aktualnie nie pracuje, dotknięcie przycisku spowoduje jego uruchomienie.

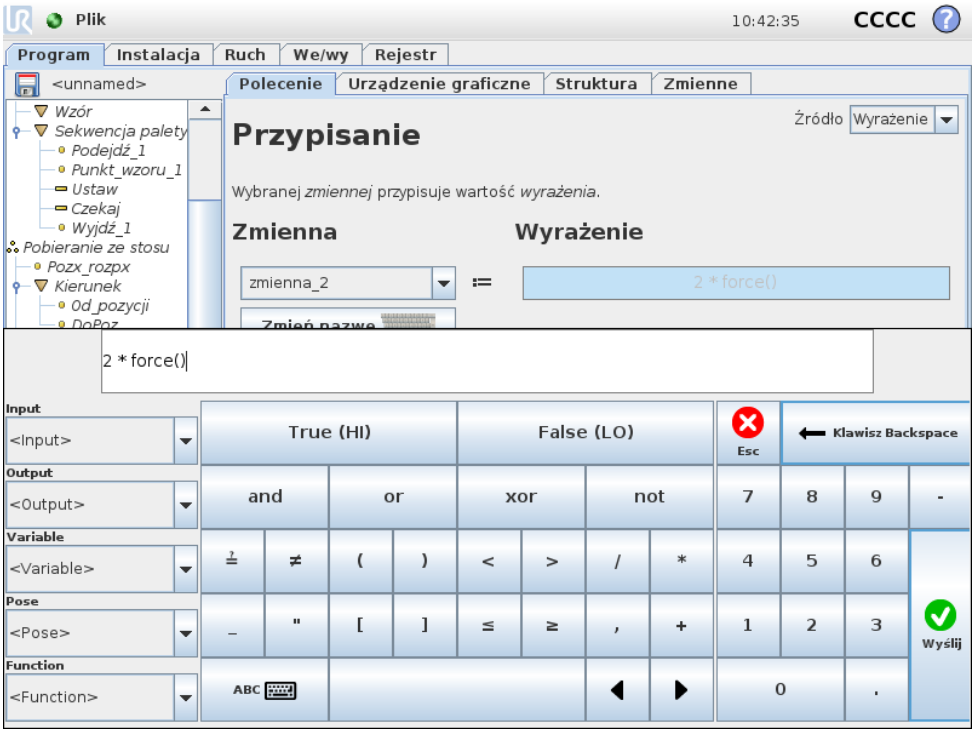
Mniejszy przycisk z umieszczoną na nim czerwoną ikoną służy do wyłączenia zasilania ramienia robota.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

12 Edytory ekranowe

12.1 Ekranowy edytor wyrażeń



Podczas gdy samo wyrażenie jest edytowane jako tekst, to edytor wyrażeń ma kilka przycisków i funkcji do wstawiania specjalnych symboli wyrażeń, takich jak $*$ dla mnożenia oraz $\leq$ dla mniejsze lub równe. Przycisk symbolu klawiatury w lewym górnym rogu ekranu przełącza na edycję tekstową wyrażenia. Wszystkie zdefiniowane zmienne można znaleźć w selektorze `Zmienne`, natomiast nazwy portów wejścia i wyjścia można znaleźć w selektorach `Wejście` i `Wyjście`. Niektóre funkcje specjalne są dostępne w selektorze `Funkcja`.

Wyrażenie jest sprawdzane pod kątem błędów gramatycznych po naciśnięciu przycisku `Ok`. Naciśnięcie przycisku `Anuluj` powoduje wyjście z ekranu z odrzuceniem wszystkich zmian.

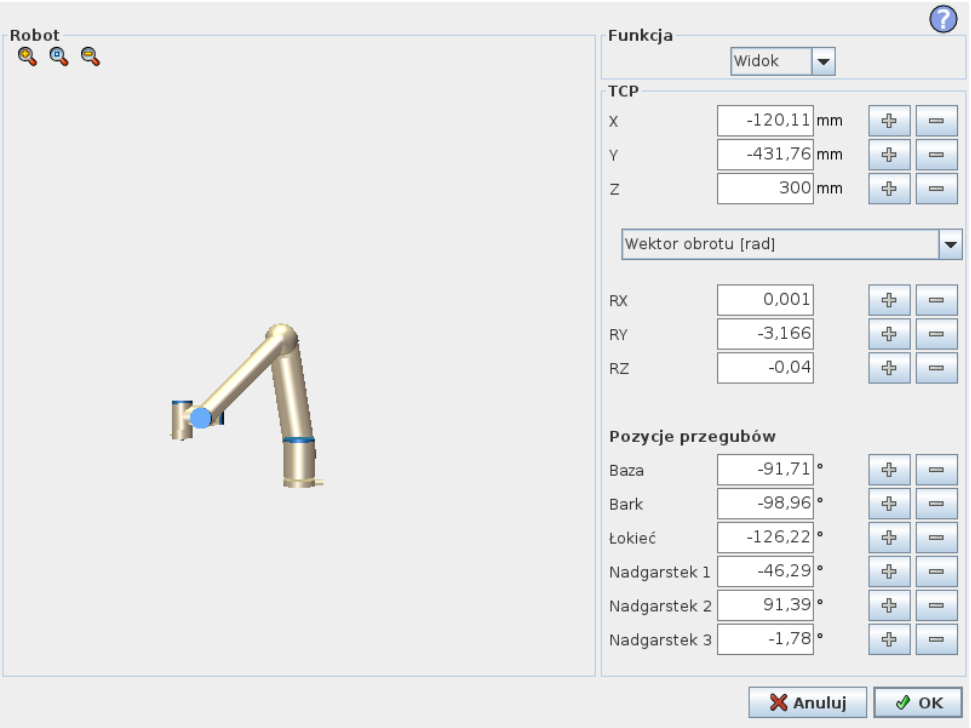
Wyrażenie może wyglądać następująco:

`cyfrowe_we[1]`$\stackrel{?}{=}$`Prawda oraz analogowe_we[0]<0.5`

12.2 Ekran edytora postawy

Na tym ekranie można wyznaczyć docelowe położenia przegubów lub docelową postawę (pozycję i orientację) narzędzia robota. Ten ekran pracuje w „trybie offline” i nie kontroluje bezpośrednio ramienia robota.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.



Robot

Bieżące położenie ramienia robota i wyznaczona nowa pozycja docelowa są przedstawiane w grafice 3D. Rysunek 3D ramienia robota pokazuje aktualną pozycję ramienia robota, a jego „cień" pokazuje jego pozycję docelową kontrolowaną przez wartości wyznaczone po prawej stronie ekranu. Naciśnięcie ikony szkła powiększającego pozwala na powiększenie lub oddalenie, a przeciągnięcie palcem po ekranie na zmianę widoku.

Jeśli określona pozycja docelowa punktu TCP robota jest blisko płaszczyzny bezpieczeństwa lub wyzwalającej albo orientacja narzędzia robota jest w pobliżu limitu granicznego orientacji (zob. 10.12), przedstawiana jest reprezentacja 3D limitu granicznego w pobliżu.

Płaszczyzny bezpieczeństwa są przedstawiane w kolorach żółtym i czarnym z małą strzałką normalną do płaszczyzny, która wskazuje tę stronę, po której dozwolone jest pozycjonowanie punktu TCP. Płaszczyzny wyzwalające są przedstawiane w kolorach niebieskim i zielonym z małą strzałką, która wskazuje tę stronę płaszczyzny, po której aktywne są limity trybu *normalnego* (zob. 10.6). Limit graniczny orientacji narzędzia jest wizualizowany przez sferyczny stożek oraz wektor określający bieżącą orientację narzędzia robota. Wnętrze stożka odpowiada polu dopuszczalnemu dla orientacji narzędzia (wektora).

Kiedy docelowy punkt TCP robota nie jest już w pobliżu limitu, przedstawienie 3D nie jest już wyświetlane. Jeśli docelowy punkt TCP narusza lub bardzo zbliża się do limitu granicznego, wizualizacja tego limitu zmienia kolor na czerwony.

Pozycja narzędzia i funkcji

W prawym górnym rogu ekranu można znaleźć selektor funkcji. Selektor określa, względem której funkcji sterować ramieniem robota.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Pod selektorem funkcji wyświetlana jest nazwa aktualnie aktywnego punktu centralnego narzędzia (TCP). Więcej informacji o konfigurowaniu kilku punktów TCP zawiera 13.6. W polach tekstowych znajdują się pełne wartości współrzędnych tego punktu TCP względem wybranej funkcji. Wartości `X`, `Y` i `Z` kontrolują pozycję narzędzia, natomiast `RX`, `RY` i `RZ` kontrolują jego orientację.

W rozwijanym menu powyżej pól `RX`, `RY` i `RZ` można zmienić sposób przedstawienia orientacji. Dostępne typy to:

- **Wektor obrotu [rad]** Orientacja jest przedstawiona w formie *wektora obrotu*. Długość osi to kąt obrotu podany w radianach, a sam wektor określa oś, dookoła której dokonuje się obrót. To ustawienie jest domyślne.
- **Wektor obrotu [°]** Orientacja jest podana w formie *wektora obrotu*, którego długość odpowiada kątowi obrotu w stopniach.
- **RPY [rad]** Kąty *obrotu*, *nachylenia* i *odchylenia* (*RPY – Roll/Pitch/Yaw*), gdzie kąty podane są w radianach. Macierz obrotu RPY (obrót X, Y', Z") jest zdefiniowana przez:

  $$R_{rpy}(\gamma, \beta, \alpha) = R_Z(\alpha) \cdot R_Y(\beta) \cdot R_X(\gamma)$$

- **RPY [°]** *obrót*, *nachylenie* i *odchylenie* (*RPY*), gdzie kąty są podane w stopniach.

Wartości można edytować, klikając daną współrzędną. Kliknięcie przycisku + lub − z prawej strony pola pozwala na dodanie lub odjęcie pewnej wielkości do lub od wartości bieżącej. Przyciśnięcie i przytrzymanie przycisku spowoduje bezpośrednie zwiększenie lub zmniejszenie wartości. Im dłużej trwa przytrzymanie przycisku, tym większa będzie wartość powiększenia lub zmniejszenia.

Pozycje przegubów

Pozwala na bezpośrednie określenie pozycji poszczególnych przegubów. Każde położenie przegubu może mieć przypisaną wartość w zakresie od $-360°$ do $+360°$, który odpowiada *limitom przegubu*. Wartości można edytować, klikając daną pozycję przegubu. Kliknięcie przycisku + lub − z prawej strony pola pozwala na dodanie lub odjęcie pewnej wielkości do lub od wartości bieżącej. Przyciśnięcie i przytrzymanie przycisku spowoduje bezpośrednie zwiększenie lub zmniejszenie wartości. Im dłużej trwa przytrzymanie przycisku, tym większa będzie wartość powiększenia lub zmniejszenia.

Przycisk OK

Jeśli ekran został aktywowany z karty `Ruch` (zob. 13.1), kliknięcie przycisku `OK` spowoduje powrót do karty `Ruch`, w której robot przejdzie do wyznaczonego miejsca docelowego. Jeśli ostatnią wyznaczoną wartością jest współrzędna narzędzia, ramię robota przesunie się do pozycji docelowej ruchem typu *RuchL*, jeśli natomiast ostatnią wartością jest pozycja przegubu, ruch będzie typu *RuchJ*. Różne typy ruchu opisuje 14.5.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Przycisk Anuluj

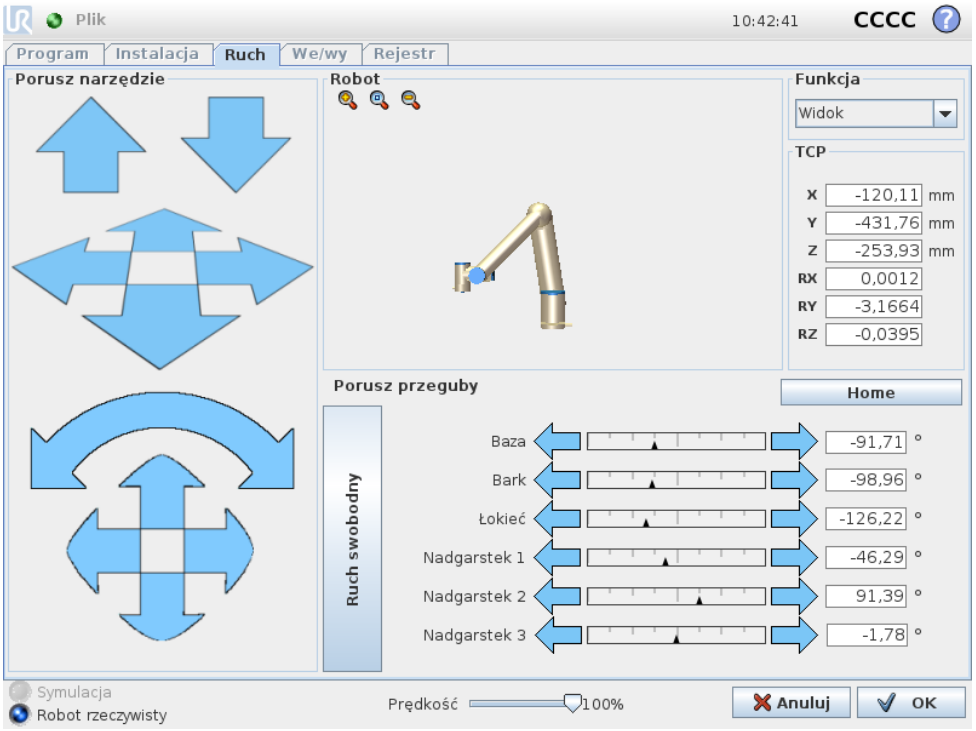
Kliknięcie przycisku `Anuluj` powoduje wyjście z ekranu z odrzuceniem wszystkich zmian.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

13 Sterowanie robotem

13.1 Karta Ruch

Na tym ekranie zawsze można przesunąć ramię robota bezpośrednio (skokowo) albo przez przesuwanie i obracanie narzędzia robota, albo przez przemieszczanie przegubów robota osobno.



13.1.1 Robot

Bieżąca pozycja ramienia robota jest pokazana na grafice 3D. Naciśnięcie ikony szkła powiększającego pozwala na powiększenie lub oddalenie, a przeciągnięcie palcem po ekranie na zmianę widoku. Aby uzyskać najlepsze poczucie kontroli nad ramieniem robota, należy wybrać funkcję **Widok** i obrócić kąt podglądu rysunku 3D tak, aby dopasować go do swojego punktu widzenia rzeczywistego ramienia robota.

Jeśli bieżąca pozycja punktu TCP robota zbliży się do płaszczyzny bezpieczeństwa lub wyzwalania albo orientacja narzędzia robota jest w pobliżu granicy limitu orientacji (zob. 10.12), wyświetlany jest model 3D pobliskiego limitu granicznego. Należy pamiętać, że kiedy robot wykonuje program, wizualizacja limitów granicznych jest wyłączona.

Płaszczyzny bezpieczeństwa są przedstawiane w kolorach żółtym i czarnym z małą strzałką normalną do płaszczyzny, która wskazuje tę stronę, po której dozwolone jest pozycjonowanie punktu TCP. Płaszczyzny wyzwalania są przedstawiane w kolorach niebieskim i zielonym z małą strzałką, która wskazuje tę stronę płaszczyzny,

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

po której aktywne są limity trybu **normalnego** (zob. 10.6). Limit graniczny orientacji narzędzia jest wizualizowany przez sferyczny stożek oraz wektor określający bieżącą orientację narzędzia robota. Wnętrze stożka odpowiada polu dopuszczalnemu dla orientacji narzędzia (wektora).

Kiedy punkt TCP robota nie jest już w pobliżu limitu, reprezentacja 3D nie jest już wyświetlana. Jeśli punkt TCP narusza lub bardzo zbliża się do limitu granicznego, wizualizacja tego limitu zmienia kolor na czerwony.

13.1.2 Pozycja narzędzia i funkcji

W prawym górnym rogu ekranu można znaleźć selektor funkcji. Określa on, względem której funkcji sterować ramieniem robota.

Nazwa aktualnie aktywnego punktu centralnego narzędzia (TCP) jest wyświetlana pod selektorem funkcji. W polach tekstowych znajdują się pełne wartości współrzędnych tego punktu TCP względem wybranej funkcji. Więcej informacji o konfigurowaniu kilku punktów TCP,(zob. 13.6).

Wartości można zmienić ręcznie przez kliknięcie współrzędnych lub pozycji przegubu. Spowoduje to przejście do ekranu edytora postawy (zob. 12.2), gdzie możliwe jest określenie pozycji docelowej oraz orientacji narzędzia lub docelowych pozycji przegubów.

13.1.3 Porusz narzędzie

- Przytrzymanie naciśniętej strzałki przesunięcia (góra) przesunie końcówkę narzędziową robota we wskazanym kierunku.
- Przytrzymanie naciśniętej strzałki obrotu (dół) zmieni orientację narzędzia robota we wskazanym kierunku. Punktem obrotu będzie punkt centralny narzędzia (TCP), czyli punkt na końcu ramienia robota, będący punktem charakterystycznym narzędzia robota. Punkt centralny narzędzia (TCP) jest przedstawiany jako mała niebieska kula.

Uwaga: Zwolnienie przycisku powoduje natychmiastowe zatrzymanie ruchu

13.1.4 Porusz przeguby

Pozwala na bezpośrednie kontrolowanie poszczególnych przegubów. Każdy przegub ma możliwość ruchu w zakresie od -360° do $+360^\circ$, są to domyślne *ograniczenia przegubów* wskazywane dla każdego z nich na poziomym pasku. Kiedy przegub dotrze do swojego ograniczenia, nie będzie można go odsunąć jeszcze bardziej. Jeśli limity dla przegubu zostaną skonfigurowane z zakresem pozycji innym niż domyślny (zob. 10.11), to zakres ten jest oznaczony na poziomym pasku w kolorze czerwonym.

13.1.5 Ruch swobodny

Kiedy zostanie przytrzymany przycisk *Ruch swobodny*, można fizycznie chwycić ramię robota i przeciągnąć je do pozycji, w której powinno się znajdować. Jeśli ustawienie grawitacji (zob. 13.7) na karcie **Konfiguracja** będzie nieprawidłowe lub ramię robota będzie przenosić ciężki przedmiot, po naciśnięciu przycisku **Ruch**

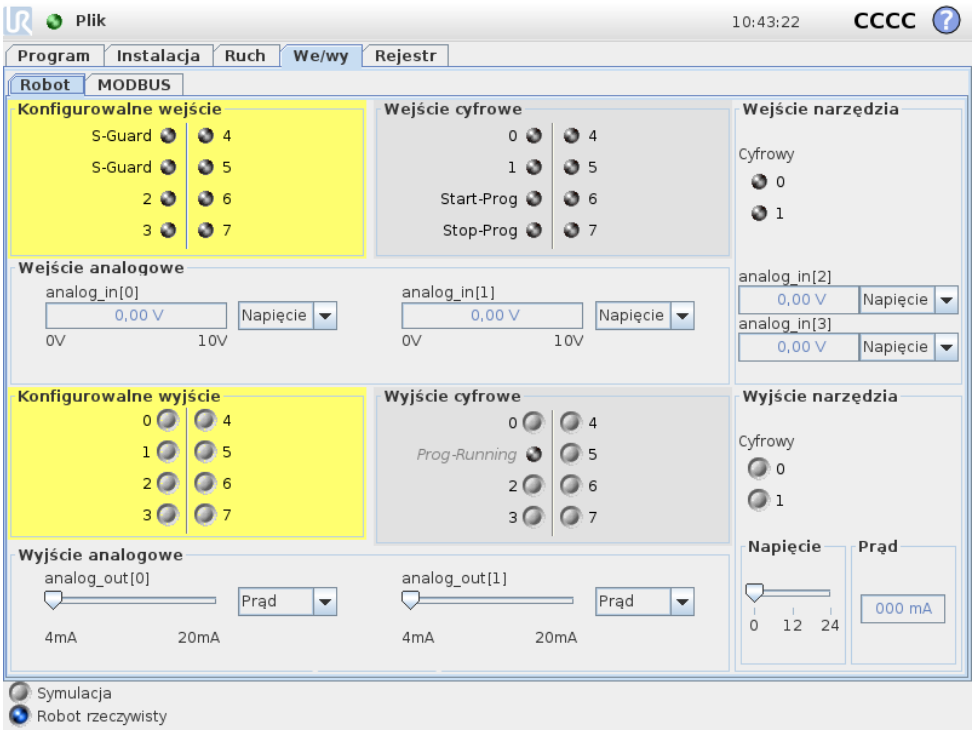
Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

swobodny może dojść do ruchu (opadania) robota. W tym przypadku wystarczy ponownie zwolnić przycisk **Ruch swobodny**.

OSTRZEŻENIE:

1. Koniecznie należy używać właściwych ustawień instalacji (np. kąt mocowania robota, ciężar w punkcie TCP, odsunięcie TCP). Pliki instalacji powinny być zapisywane i ładowane z programem.
2. Przed użyciem przycisku **Ruch swobodny** należy sprawdzić prawidłowość ustawień TCP i mocowania robota. Jeśli te ustawienia będą nieprawidłowe, ramię robota będzie się poruszać po naciśnięciu przycisku **Ruch swobodny**.
3. Funkcji ruchu swobodnego (**impedancja/wycofanie**) wolno używać tylko w instalacjach, w których ocena ryzyka to dopuszcza. Narzędzia i przeszkody nie powinny mieć ostrych krawędzi ani wprowadzać punktów zgniecenia. Cały personel musi pozostawać poza zasięgiem ramienia robota.

13.2 Karta we/wy



Na tym ekranie można zawsze monitorować i ustawiać aktualne sygnały wejściowe i wyjściowe skrzynki sterowniczej robota. Ekran wyświetla bieżący stan wejść/wyjść, także podczas wykonywania programu. Jeśli podczas wykonywania programu cokolwiek zostanie zmienione, program zostanie zatrzymany. W momencie zatrzy-

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

mania programu wszystkie sygnały wyjścia zachowają swój stan. Ekran jest aktualizowany z częstotliwością zaledwie 10 Hz, tak więc bardzo szybki sygnał może nie być wyświetlany prawidłowo.

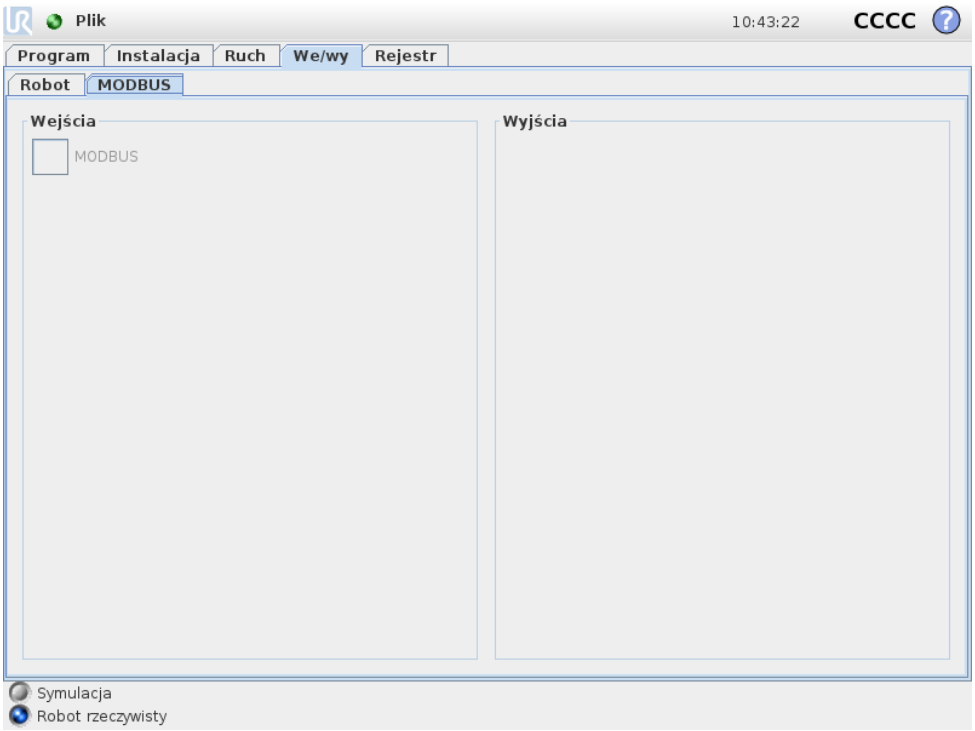
Konfigurowalne sygnały we/wy można zarezerwować dla specjalnych ustawień bezpieczeństwa zdefiniowanych w sekcji konfiguracyjnej we/wy bezpieczeństwa dla instalacji (zob.10.13). Sygnały zarezerwowane będą miały nazwę funkcji bezpieczeństwa zamiast nazwy domyślnej lub zdefiniowanej przez użytkownika. Konfigurowalne wyjścia zarezerwowane dla ustawień bezpieczeństwa są nieprzełączalne i zawsze będą wyświetlane wyłącznie jako diody.

Szczegóły elektryczne sygnałów są opisane w rozdziale 5.3.

Ustawienia w domenie analogowej Wyjścia i wejścia analogowe można ustawić albo jako prądowe [4–20 mA], albo napięciowe [0–10 V]. Kiedy program zostanie zapisany, to ustawienia te zostaną zapamiętane do ewentualnych późniejszych ponownych uruchomień sterownika robota.

13.3 We/wy klienta MODBUS

Tutaj pokazane są cyfrowe sygnały we/wy klienta MODBUS skonfigurowane w instalacji. W razie utraty połączenia sygnału, odpowiadający mu element na tym ekranie zostaje wyłączony.



Wejścia

Wyświetlanie stanu cyfrowych wejść klienta MODBUS.

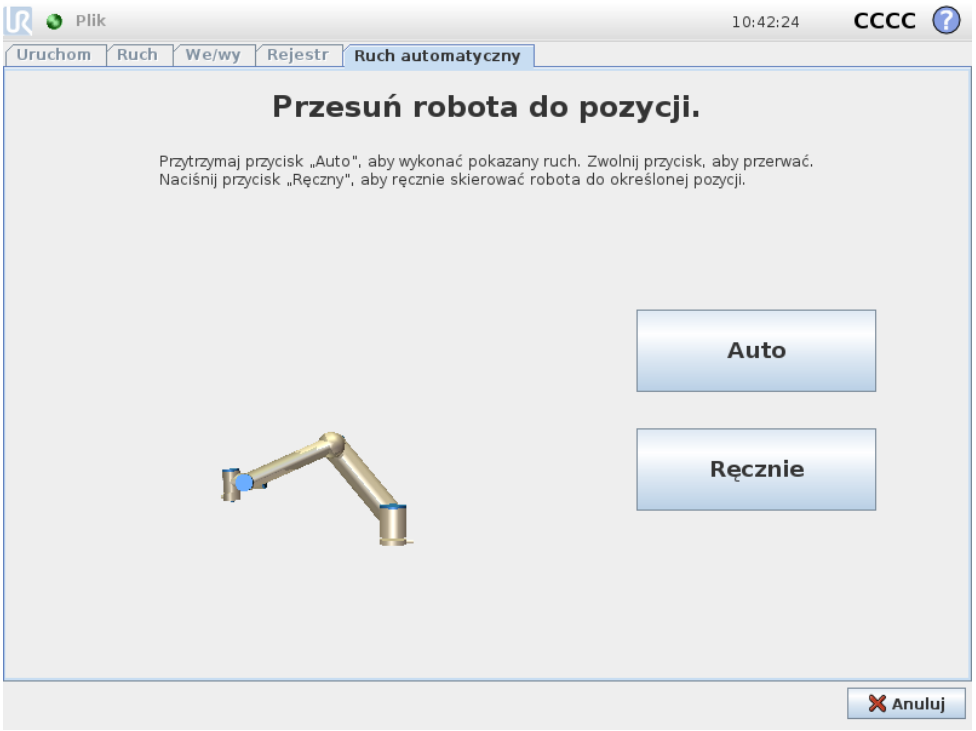
Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Wyjścia

Wyświetlanie i przełączanie stanu cyfrowych wyjść klienta MODBUS. Sygnał może być przełączany tylko wtedy, kiedy pozwala na to pole wyboru karty kontroli we/wy (opisane w 13.8).

13.4 Karta Ruch automatyczny

Karta Ruch automatyczny jest przydatna, kiedy konieczne jest przeniesienie ramienia robota do szczególnej pozycji w przestrzeni roboczej. Do przykładów można zaliczyć przeniesienie ramienia robota do pozycji początkowej programu przed jego wykonaniem lub przeniesienie do punktu orientacyjnego na czas modyfikowania programu.



Animacja

Animacja pokazuje ruch ramienia robota, który zostanie za chwilę wykonany.

PRZESTROGA:
Animację należy porównać z pozycją prawdziwego ramienia robota w celu sprawdzenia, czy ramię może bezpiecznie wykonać ruch bez kolizji z żadnymi przeszkodami.

PRZESTROGA:
Funkcja ruchu automatycznego wykonuje ruch robota wzdłuż trajektorii cienia. Kolizje mogą spowodować uszkodzenie robota lub innego wyposażenia.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

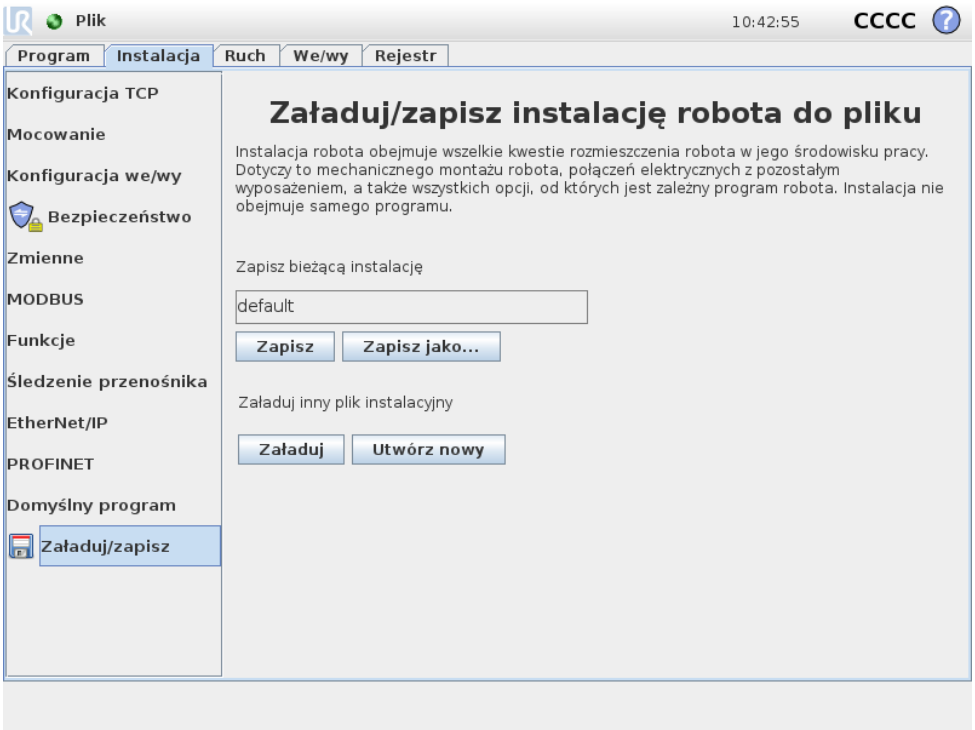
Auto

Aby przesunąć ramię robota tak, jak pokazano na animacji, należy nacisnąć i przytrzymać przycisk **Auto**.
Uwaga: Zwolnienie przycisku powoduje natychmiastowe zatrzymanie ruchu.

Ręcznie

Naciśnięcie przycisku **Ręcznie** spowoduje przejście do karty **Ruch**, na której możliwe jest ręczne przemieszczanie ramienia robota. Jest to konieczne tylko wtedy, kiedy ruch przedstawiony na animacji nie jest optymalny.

13.5 Instalacja → Załaduj/zapisz



Instalacja robota obejmuje kwestie rozmieszczenia ramienia robota i skrzynki sterowniczej w środowisku pracy. Dotyczy to mechanicznego montażu ramienia robota, połączeń elektrycznych z pozostałym wyposażeniem, a także wszystkich opcji, od których jest zależny program robota. Instalacja nie obejmuje samego programu.

Te ustawienia można określać na różnych ekranach karty **Instalacja** za wyjątkiem domen we/wy, które określa się na karcie **We/wy** (zob. 13.2).

Można mieć więcej niż jeden plik instalacji dla danego robota. Stworzone programy będą korzystać z aktywnej instalacji i będą ją automatycznie ładować, kiedy będą wykorzystywane.

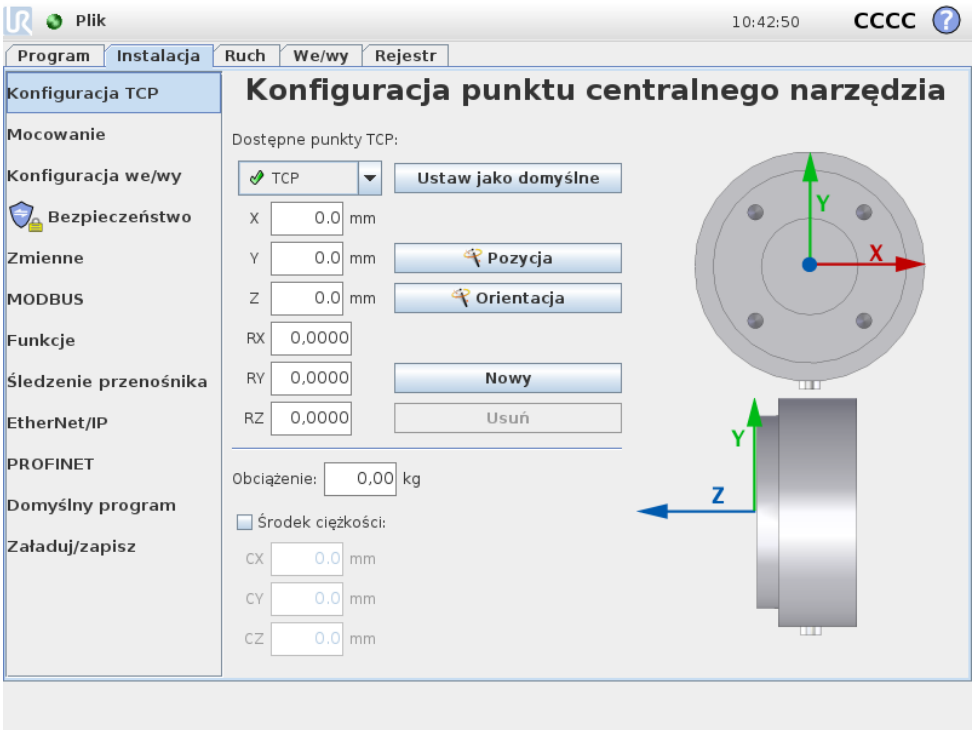
Wszelkie zmiany w instalacji muszą zostać zapisane, aby zostały zachowane po wyłączeniu zasilania. Jeśli istnieją jakiekolwiek niezapisane dane instalacji, obok napisu **Załaduj/zapisz** z lewej strony karty **Instalacja** wyświetlana jest ikona dyskietki.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Instalację można zapisać, naciskając przycisk **Zapisz** lub **Zapisz jako...**. Zapisanie programu także powoduje zapisanie aktywnej instalacji. Aby załadować inny plik instalacji, należy nacisnąć przycisk **Załaduj**. Naciśnięcie przycisku **Utwórz nowy** przywraca wszystkie ustawienia instalacji robota do wartości domyślnych.

PRZESTROGA:
Nie zaleca się używania robota przy instalacji ładowanej z nośnika USB. Aby zastosować instalację zapisaną na nośniku USB, należy ją najpierw załadować, a następnie zapisać w lokalnym folderze **programy** za pomocą przycisku **Zapisz jako...**.

13.6 Instalacja → Konfiguracja punktu centralnego narzędzia (TCP)



Punkt centralny narzędzia (TCP) to punkt charakterystyczny w narzędziu robota. Na tym ekranie można zdefiniować kilka punktów TCP. Każdy punkt TCP zawiera informacje o translacji i rotacji względem środka kołnierza wyjściowego narzędzia, tak jak przedstawiono na rysunku. Współrzędne pozycji `X`, `Y` i `Z` określają pozycję punktu TCP, a parametry `RX`, `RY` i `RZ` określają jego obrót. Kiedy wszystkie te wartości są równe zeru, punkt TCP pokrywa się z punktem środkowym kołnierza wyjściowego narzędzia i przyjmuje układ współrzędnych widoczny z prawej strony ekranu.

13.6.1 Dodawanie, modyfikowanie i usuwanie punktów TCP

Aby zdefiniować nowy punkt TCP, należy nacisnąć przycisk **Nowy**. Utworzony punkt TCP automatycznie dostaje unikalną nazwę i zostaje wybrany w rozwijanym menu.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Translację i rotację wybranego punktu TCP można zmienić, dotykając odpowiednich białych pól tekstowych i wprowadzając nowe wartości.

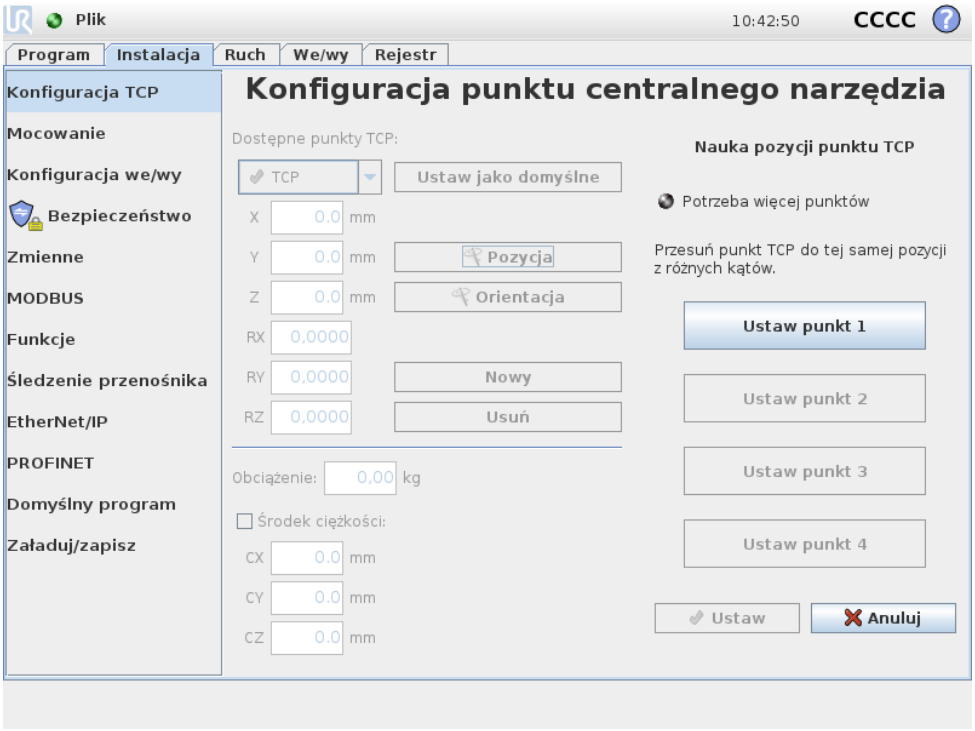
Aby usunąć wybrany punkt TCP, wystarczy nacisnąć przycisk **Usuń**. Nie jest możliwe usunięcie ostatniego punktu TCP.

13.6.2 Domyślny i aktywny punkt TCP

Dokładnie jeden ze skonfigurowanych punktów TCP jest *domyślnym*. Domyślny punkt TCP jest oznaczony w rozwijanym menu TCP zieloną ikoną z lewej strony nazwy. Aby ustawić aktualnie wybrany punkt TCP jako domyślny, należy nacisnąć przycisk **Ustaw jako domyślne**.

Odsunięcie punktu TCP jest zawsze stosowane jako *aktywne* przy wyznaczaniu wszystkich ruchów liniowych w przestrzeni kartezjańskiej. Na karcie grafiki również wizualizowany jest ruch aktywnego punktu TCP (zob. 14.29). Przed wykonaniem dowolnego programu, a także przed jego uruchomieniem, jako aktywny ustawiany jest domyślny punkt TCP. Wewnątrz programu dowolny z określonych punktów TCP może stać się aktywnym dla wybranego ruchu robota (zob. 14.5 oraz 14.10).

13.6.3 Uczenie pozycji punktu TCP



Współrzędne pozycji punktu TCP można obliczyć automatycznie, w tym celu należy:

1. Dotknąć przycisku **Pozycja**.
2. Wybrać stały punkt w przestrzeni roboczej robota.
3. Za pomocą przycisków z prawej strony ekranu przesunąć punkt TCP do wybranego punktu pod co najmniej trzema różnymi kątami, następnie zapisać odpowiadające pozycje kołnierza wyjściowego narzędzia.

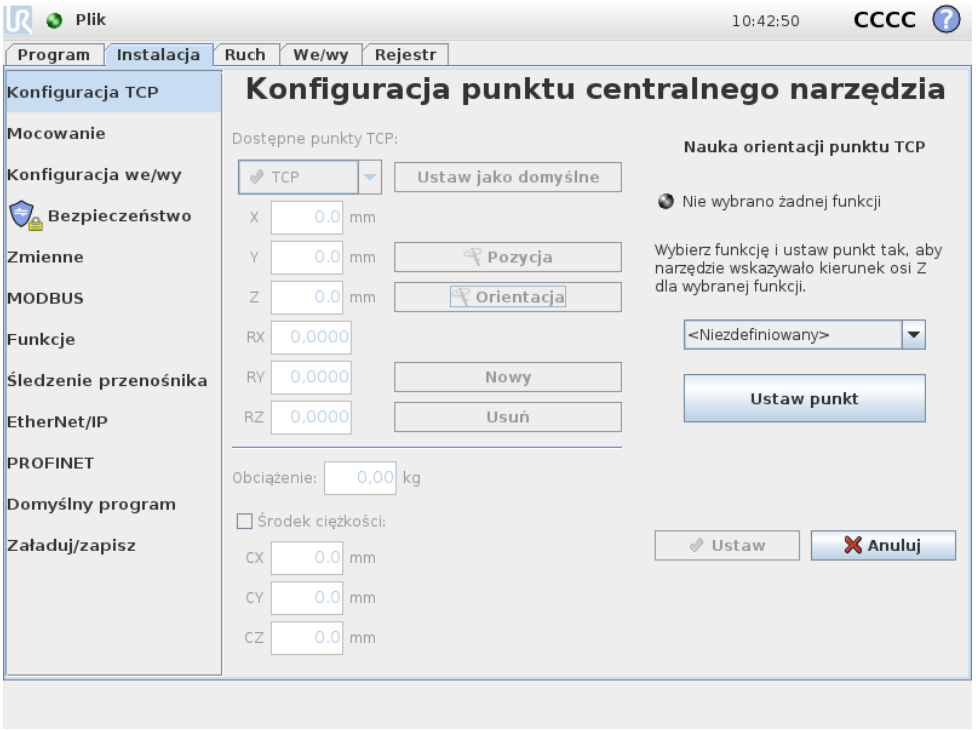
Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

4. Sprawdzić obliczone współrzędne TCP i ustawić je w wybranym punkcie TCP za pomocą przycisku `Ustaw`.

Należy pamiętać, że obliczenie może być prawidłowe tylko wtedy, kiedy pozycje będą odpowiednio różne. W innym przypadku dioda stanu powyżej przycisków zmieni kolor na czerwony.

Ponadto można użyć czwartej pozycji do weryfikacji prawidłowości obliczenia, nawet jeśli wyznaczenie właściwego punktu TCP jest zwykle możliwe już przy trzech pozycjach. Jakość każdego zapisanego punktu względem obliczonego TCP jest wskazywana poprzez zieloną, żółtą lub czerwoną diodę przy odpowiadającym przycisku.

13.6.4 Uczenie orientacji TCP



Orientację TCP można obliczyć automatycznie, w tym celu należy:

1. Dotknąć przycisku **Orientacja**.
2. Wybrać funkcję z rozwijanej listy. Więcej informacji o sposobie definiowania nowych funkcji zawiera `(p. 13.12)`.
3. Za pomocą przycisku poniżej wykonać przesunięcie do pozycji, w której orientacja narzędzia właściwa dla TCP pokrywa się z układem współrzędnych wybranej funkcji.
4. Sprawdzić obliczoną orientację TCP i ustawić ją w wybranym punkcie TCP za pomocą przycisku **Ustaw**.

13.6.5 Obciążenie

Masa narzędzia robota jest określona w dolnej części ekranu. To ustawienie można zmienić dotykając białego pola tekstowego i wprowadzając nową masę. Ustawie-

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

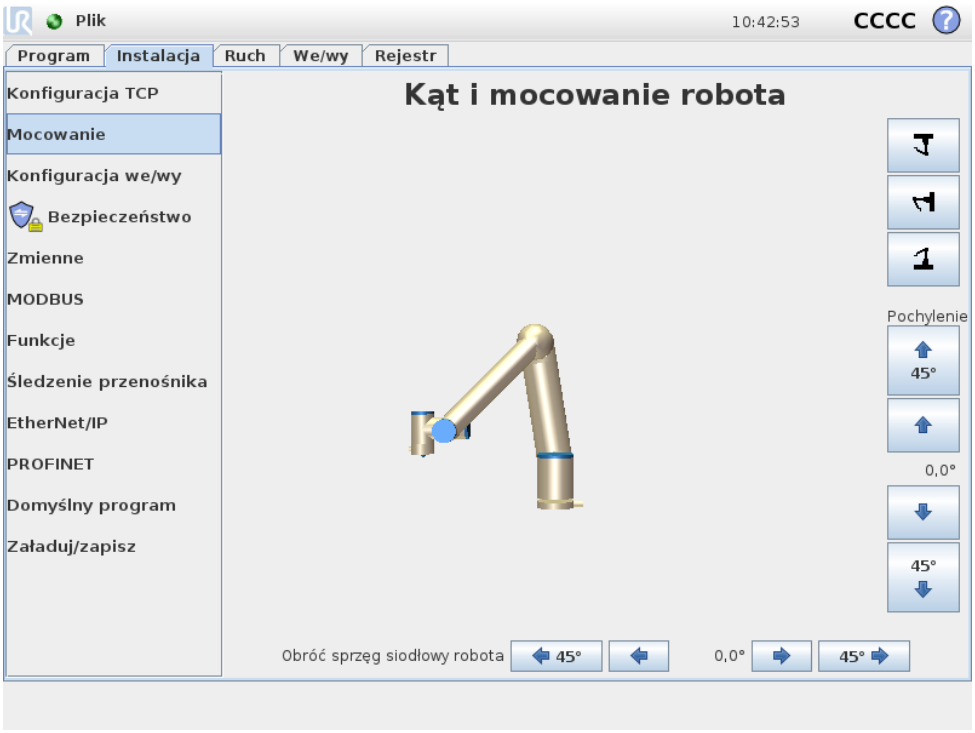
nie dotyczy wszystkich zdefiniowanych punktów TCP. Szczegółowe informacje dotyczące dopuszczalnego obciążenia są `podane w Podręczniku instalacji sprzętu`.

13.6.6 Środek ciężkości

Środek ciężkości narzędzia można opcjonalnie określić w polach `CX`, `CY` i `CZ`. W przypadku braku innej definicji zakłada się, że środek ciężkości narzędzia pokrywa się z punktem centralnym narzędzia TCP. Ustawienie dotyczy wszystkich zdefiniowanych punktów TCP.

OSTRZEŻENIE:
Należy używać właściwych ustawień instalacji. Pliki instalacji powinny być zapisywane i ładowane z programem.

13.7 Instalacja → Mocowanie



Można tutaj określić sposób mocowania ramienia robota. Spełnia to dwa cele:

1. Powoduje, że ramię robota jest prawidłowo przedstawione na ekranie.
2. Mówi sterownikowi, w jakim kierunku działa siła ciążenia.

Sterownik wykorzystuje zaawansowany model dynamiki, aby zapewnić płynne i precyzyjne ruchy ramienia robota oraz samoczynne podtrzymywanie ramienia przy włączonym trybie **ruchu swobodnego**. Z tego powodu istotne jest prawidłowe ustawienie mocowania ramienia robota.

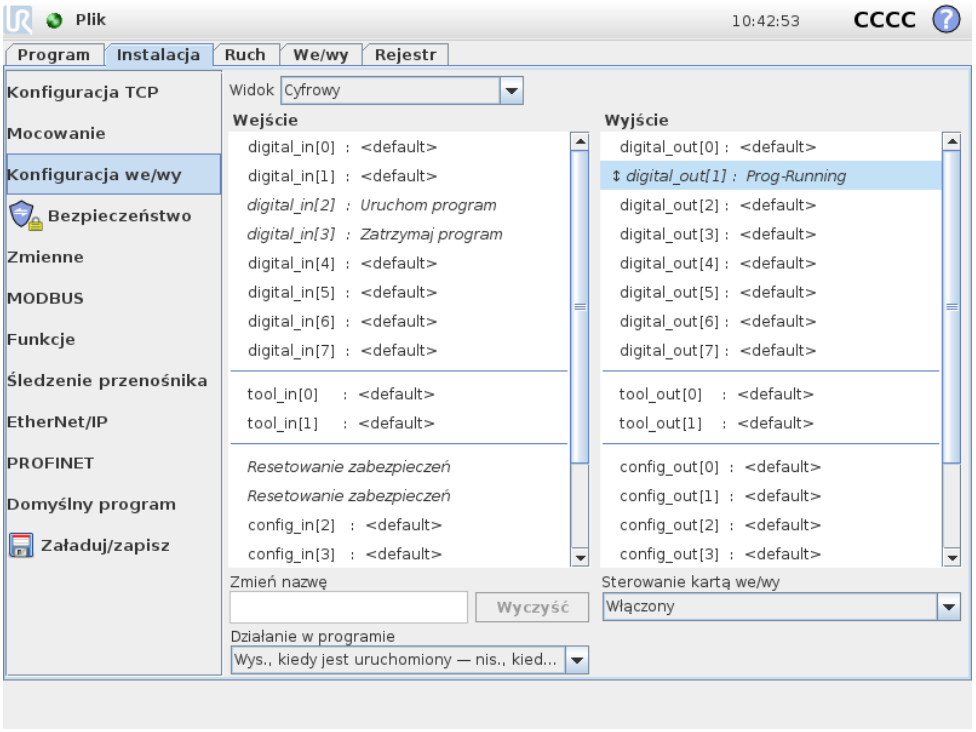
Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

OSTRZEŻENIE:
Zaniedbanie właściwego ustawienia mocowania ramienia robota może spowodować częste zatrzymania ochronne i/lub doprowadzić do ruchu ramienia robota po naciśnięciu przycisku **ruchu swobodnego**.

Standardowo zakłada się, że ramię robota jest zamontowane na płaskim stole lub na podłodze, w takim przypadku na tym ekranie nie trzeba wprowadzać żadnych zmian. Jeśli jednak ramię robota jest **zamontowane na suficie**, **zamontowane na ścianie** lub **zamontowane pod kątem**, wymagane jest wprowadzenie zmian za pomocą przycisków. Przyciski po prawej stronie ekranu służą do zmiany kąta zamontowania ramienia robota. Trzy górne przyciski po prawej stronie ustawiają kąt na **sufit** (180°), **ścianę** (90°), **podłogę** (0°). Dowolny kąt można ustawić za pomocą przycisków **Pochylenie**. Przyciski w dolnej części ekranu służą do obracania mocowania ramienia robota tak, aby zgadzało się z rzeczywistym zamocowaniem.

OSTRZEŻENIE:
Należy używać właściwych ustawień instalacji. Pliki instalacji powinny być zapisywane i ładowane z programem.

13.8 Instalacja → Konfiguracja we/wy



Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Na tym ekranie użytkownik może nadać nazwę sygnałom we/wy dostępnym dla robota, skonfigurować je działaniami i przez sterowanie kartą we/wy.

W sekcjach **Wejście** i **Wyjście** jest podana lista sygnałów we/wy, takich jak:

Cyfrowe: (standardowe ogólnego przeznaczenia, konfigurowalne i narzędzie)

Analogowe: (standardowe ogólnego przeznaczenia i narzędzie)

MODBUS:

Rejestry: ogólnego przeznaczenia (logiczny, liczb całkowitych, zmiennoprzecinkowy)

Dostęp do rejestrów ogólnego przeznaczenia jest możliwy przez np. Fieldbus (taki jak Profinet lub Ethernet/IP).

13.8.1 Typ sygnału we/wy

Aby ograniczyć liczbę sygnałów znajdujących się w sekcjach **Wejście** i **Wyjście**, należy zmienić wyświetlaną zawartość na podstawie typu sygnału za pomocą menu rozwijanego **Widok** w górnej części ekranu.

13.8.2 Przydzielanie nazw zdefiniowanych przez użytkownika

Sygnałom wejściowym i wyjściowym można przypisać nazwy. Ułatwia to zapamiętanie, jaką funkcję pełnią sygnały podczas pracy z robotem. Kliknij sygnał, aby go wybrać. Następnie kliknij pole tekstowe w dolnej części ekranu, aby ustawić nazwę. Nazwę można zresetować do ustawień domyślnych, czyszcząc ją (należy kliknąć przycisk **Wyczyść**).

Aby rejestr ogólnego przeznaczenia był dostępny w programie (np. dla polecenia **Czekaj** lub dla wyrażenia warunkowego polecenia **Jeśli**), należy nadać mu nazwę zdefiniowaną przez użytkownika. Polecenia **Czekaj** oraz **Jeśli** są opisane odpowiednio w `(14.9)` i `(14.18)`. Nazwane rejestry ogólnego przeznaczenia są w selektorze **Wejście** i **Wyjście** na ekranie **Edytor wyrażeń**.

13.8.3 Działania we/wy i sterowanie kartą we/wy

Działanie wejścia: Osiem standardowych cyfrowych wejść ogólnego przeznaczenia, dwa cyfrowe wejścia narzędzia i rejestry *logiczne* wejścia ogólnego przeznaczenia mogą wyzwolić działanie. Do dostępnych działań należy zdolność:

- Uruchamiania bieżącego programu na zboczu narastającym
- Zatrzymywania bieżącego programu na zboczu narastającym
- Wstrzymywania bieżącego programu na zboczu narastającym

Ponadto można skonfigurować działanie, które spowoduje wejście do/opuszczenie trybu **ruchu swobodnego** przy wysokim/niskim stanie wejścia (np. przycisk **Ruch swobodny** z tyłu sterownika uczenia).

Działania wyjścia i sterowanie kartą we/wy: Domyślne zachowanie sygnałów wyjściowych przewiduje utrzymanie wartości po zatrzymaniu wykonywania programu. Możliwe jest także takie skonfigurowanie wyjścia, aby przyjmowało wartość domyślną, kiedy nie jest wykonywany żaden program.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

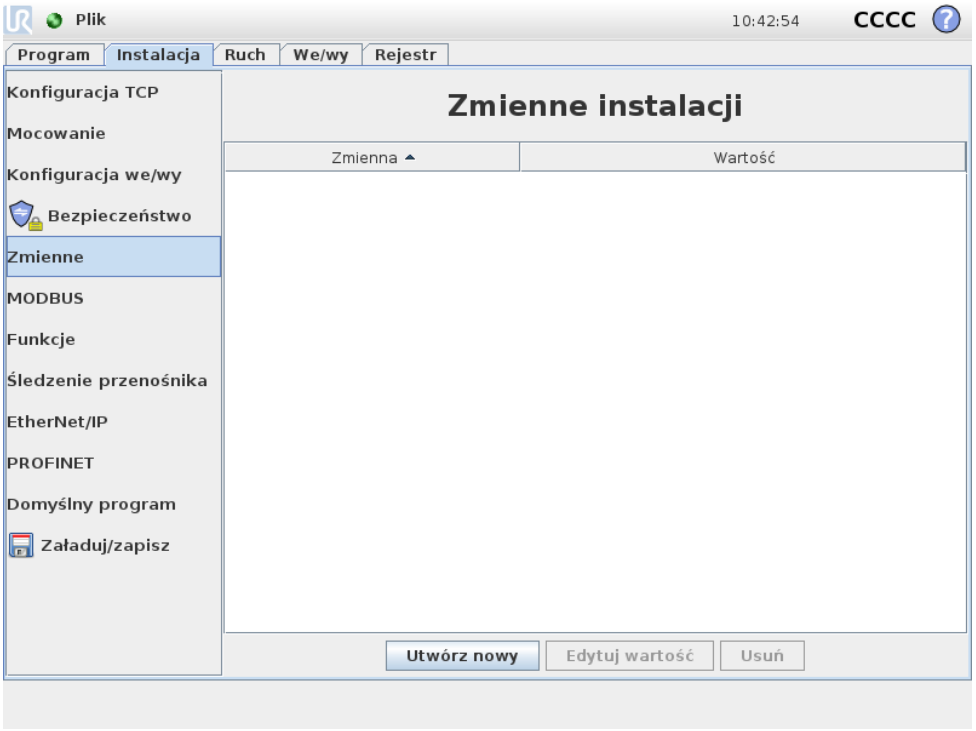
Osiem standardowych cyfrowych wyjść ogólnego przeznaczenia i dwa cyfrowe wyjścia narzędzia można ponadto skonfigurować tak, aby zależały od bieżącego wykonywania programu, gdzie sygnał wyjściowy ma stan wysoki przy wykonywaniu programu i niski w innych przypadkach. *Logiczne* rejestry wyjściowe ogólnego przeznaczenia i cyfrowe sygnały wyjściowe MODBUS również obsługują tę funkcję.

Można także określić, czy wyjściem można sterować na karcie we/wy (albo przez programistów, albo przez operatorów oraz programistów), czy też jego wartość mogą zmieniać wyłącznie programy robota.

13.9 Instalacja → Bezpieczeństwo

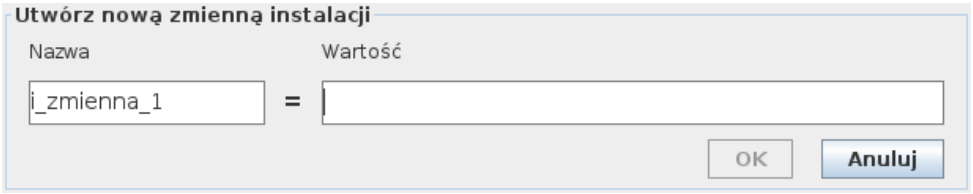
Zob. rozdział 10.

13.10 Instalacja → Zmienne



Utworzone tu zmienne są nazywane zmiennymi instalacji i można ich używać tak, jak normalnych zmiennych programowych. Zmienne instalacji są specjalne, ponieważ zachowują swoje wartości nawet po zatrzymaniu i ponownym uruchomieniu programu, a także kiedy zostanie wyłączone i przywrócone zasilanie ramienia robota i/lub skrzynki sterowniczej. Ich nazwy i wartości są zapisywane razem z instalacją, można więc używać tej samej zmiennej w wielu programach.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.



Po naciśnięciu przycisku **Utwórz nowy** pojawi się panel z sugerowaną nazwą dla nowej zmiennej. Można zmienić nazwę, a wartość można wprowadzić dotykając jednego z pól tekstowych. Przycisk **OK** można kliknąć tylko wtedy, kiedy nowa nazwa nie jest używana w danej instalacji.

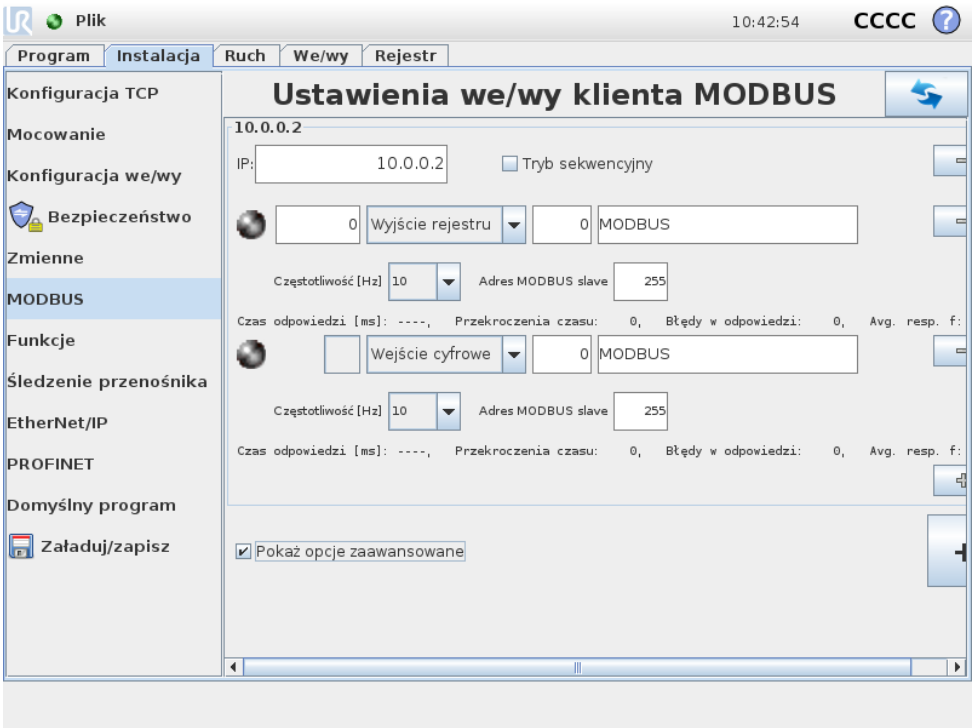
Można zmienić wartość zmiennej instalacji przez jej zaznaczenie na liście, a następnie kliknięcie opcji **Edytuj wartość**.

Aby usunąć zmienną, należy ją wybrać w liście i kliknąć przycisk **Usuń**.

Po skonfigurowaniu zmiennych instalacji zachowanie tej konfiguracji wymaga zapisania samej instalacji, `(zob 13.5)`. Zmienne instalacji i ich wartości są także zapisywane automatycznie co 10 minut.

Jeśli załadowany zostanie program lub i jedna lub więcej zmiennych programowych będzie miało taką samą nazwę, co zmienne instalacji, użytkownik będzie miał do wyboru dwa rozwiązania tego problemu: zastosowanie zmiennych instalacji o danej nazwie zamiast zmiennych programowych lub automatyczną zmianę nazw zmiennych, które powodują konflikt.

13.11 Instalacja → Konfiguracja we/wy klienta MODBUS



Tutaj można skonfigurować sygnały klienta (mastera) MODBUS. Połączenie z serwerami (lub jednostkami podrzędnymi) MODBUS o określonym adresie IP można

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

utworzyć za pomocą sygnałów wejścia/wyjścia (rejestrów lub cyfrowych). Każdy sygnał ma unikalną nazwę, można jej więc używać w programach.

Odśwież

Naciśnięcie przycisku spowoduje odświeżenie wszystkich połączeń MODBUS. Odświeżanie odłącza i ponownie łączy wszystkie jednostki modbus. Wszystkie dane statystyczne zostają wyczyszczone.

Dodaj urządzenie

Naciśnięcie przycisku spowoduje dodanie nowego urządzenia MODBUS.

Usuń urządzenie

Naciśnięcie przycisku spowoduje usunięcie urządzenia MODBUS i wszystkich jego sygnałów.

Ustaw IP urządzenia

Tutaj pokazany jest adres IP urządzenia MODBUS. Naciśnij przycisk, aby go zmienić.

Tryb sekwencyjny

Dostępne tylko przy wyborze polecenia Pokaż opcje zaawansowane (zob. 13.11). Zaznaczenie tego okienka zmusza klienta modbus do zaczekania na odpowiedź przed wysłaniem ponownego zapytania. Tryb ten jest wymagany przez niektóre jednostki fieldbus. Uruchomienie tej opcji może pomóc, jeśli mamy do czynienia z wieloma sygnałami i wzrostem częstotliwości wysyłania zapytań, co skutkuje rozłączeniem sygnałów. Rzeczywista częstotliwość zapytań może być niższa niż wybrana, jeśli wiele sygnałów jest zdefiniowanych w trybie sekwencyjnym. Rzeczywista częstotliwość sygnału jest widoczna na polu dane statystyczne sygnałów (patrz sekcja 13.11). Wskaźnik sygnału świeci na żółto, jeśli rzeczywista częstotliwość sygnału jest niższa niż połowa wartości wybranej w menu rozwijalnym „Częstotliwość".

Dodaj sygnał

Naciśnięcie przycisku spowoduje dodanie sygnału do odpowiedniego urządzenia MODBUS.

Usuń sygnał

Naciśnięcie przycisku spowoduje usunięcie sygnału z odpowiedniego urządzenia MODBUS.

Ustaw typ sygnału

Przy pomocy tego menu rozwijanego można wybrać typ sygnału. Dostępne typy to:

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Wejście cyfrowe: Wejście cyfrowe (cewka) to jednobitowa wielkość odczytywana z urządzenia MODBUS z cewki podanej w polu adresowym sygnału. Wykorzystywany jest kod funkcji 0x02 (Odczytaj wejścia dyskretne).

Wyjście cyfrowe: Wyjście cyfrowe (cewka) to wielkość jednobitowa, którą można ustawić w poziomie wysokim lub niskim. Do momentu, kiedy wartość tego wyjścia zostanie ustawiona przez użytkownika, jest ona odczytywana ze zdalnego urządzenia MODBUS. To oznacza, że stosowany jest kod funkcji 0x01 (Odczytaj cewki). Od chwili, kiedy wyjście zostanie ustawione przez program robota lub przez naciśnięcie przycisku **ustaw wartość sygnału**, używany jest już kod funkcji 0x05 (Zapisz pojedynczą cewkę).

Wejście rejestru: Wejście rejestru to liczba 16-bitowa odczytywana z adresu podanego w polu adresu. Wykorzystywany jest kod funkcji 0x04 (Odczytaj rejestry wejścia).

Wyjście rejestru: Wyjście rejestru to liczba 16-bitowa, której wartość może ustawić użytkownik. Zanim wartość rejestru zostanie ustawiona, wartość ta jest odczytywana ze zdalnego urządzenia MODBUS. To oznacza, że używany jest kod funkcji 0x03 (Odczytaj rejestry tymczasowe). Kiedy wyjście zostanie ustawione przez program robota lub przez określenie wartości sygnału w polu **ustaw wartość sygnału**, do ustawienia wartości w zdalnym urządzeniu MODBUS używany jest kod funkcji 0x06 (Zapisz pojedynczy rejestr).

Ustaw adres sygnału

To pole pokazuje adres w zdalnym serwerze MODBUS. Można wybrać inny adres przy pomocy wyświetlanej na ekranie klawiatury numerycznej. Prawidłowe adresy zależą od producenta oraz konfiguracji zdalnego urządzenia MODBUS.

Ustaw nazwę sygnału

Użytkownik może przypisać sygnałowi nazwę za pomocą klawiatury ekranowej. Kiedy sygnał jest wykorzystywany w programach, używana jest ta nazwa.

Wartość sygnału

Tutaj pokazana jest aktualna wartość sygnału. Dla sygnałów rejestrów wartość ta jest wyrażona jako liczba całkowita bez znaku. Dla sygnałów wyjścia pożądana wartość sygnału może zostać ustawiona przy pomocy przycisku. Również dla wyjścia rejestru wartość do zapisania do urządzenia musi zostać podana jako liczba całkowita bez znaku.

Stan połączenia sygnału

Ikona ta pokazuje, czy sygnał można prawidłowo odczytać lub zapisać (zielona), czy też odpowiedź od urządzenia jest nieoczekiwana lub nie można się z nim połączyć (szara). W przypadku odebrania odpowiedzi z wyjątkiem MODBUS wyświetlany jest kod odpowiedzi. Odpowiedzi z wyjątkami MODBUS-TCP są następujące:

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

E1: NIEPRAWIDŁOWA FUNKCJA (0x01) Kod funkcji odebrany w zapytaniu nie określa dopuszczalnego działania serwera (lub urządzenia podrzędnego).

E2: NIEPRAWIDŁOWY ADRES DANYCH (0x02) Kod funkcji odebrany w zapytaniu nie określa dopuszczalnego działania serwera (lub urządzenia podrzędnego). Należy sprawdzić, czy wprowadzony adres sygnału odpowiada konfiguracji zdalnego serwera MODBUS.

E3: NIEPRAWIDŁOWA WARTOŚĆ DANYCH (0x03) Wartość zawarta w polu danych zapytania nie jest wartością dopuszczalną dla serwera (lub urządzenia podrzędnego). Należy sprawdzić, czy wprowadzona wartość sygnału jest prawidłowa dla określonego adresu w zdalnym serwerze MODBUS.

E4: AWARIA URZĄDZENIA PODRZĘDNEGO (0x04) Podczas próby wykonania żądanej czynności przez serwer (lub urządzenie podrzędne) wystąpił nieodwracalny błąd.

E5: POTWIERDZENIE (0x05) Specjalistyczne zastosowanie w połączeniu z poleceniami programistycznymi, wysyłane do zdalnego urządzenia MODBUS.

E6: URZĄDZENIE PODRZĘDNE ZAJĘTE (0x06) Specjalistyczne zastosowanie w połączeniu z poleceniami programistycznymi, wysyłane do zdalnego urządzenia MODBUS. Urządzenie podrzędne (serwer) nie może teraz odpowiedzieć.

Pokaż opcje zaawansowane

To pole wyboru pokazuje/ukrywa opcje zaawansowane dla każdego z sygnałów.

Opcje zaawansowane

Częstotliwość aktualizacji: Przy pomocy tego menu można zmienić częstotliwość aktualizacji sygnału. Oznacza to częstotliwość, z jaką wysyłane są do zdalnego urządzenia MODBUS żądania odczytu lub zapisu wartości sygnału. Jeśli częstotliwość jest ustawiona na poziomie 0, polecenia modbus są uruchamiane na żądanie przy pomocy funkcji skryptu *statusu_otrzymania_sygnału_modbus*, *rejestru_ustawień_wyjściowych_modbus* oraz *sygnału_ustawień_wyjściowych_modbus*.

Adres podrzędny: W tym polu tekstowym można ustawić określony adres podrzędny dla żądań odpowiadających określonemu sygnałowi. Wartość musi się mieścić w zakresie od 0 do 255, przy czym standardową wartością jest 255. W przypadku zmiany tej wartości zaleca się sprawdzenie w podręczniku zdalnego urządzenia MODBUS, czy jego działanie ze zmienionym adresem podrzędnym będzie nadal prawidłowe.

Liczba ponownych połączeń: Liczba przypadków, kiedy TCP było odłączone i ponownie połączone.

Status połączenia: Status połączenia TCP

Czas odpowiedzi [ms:] Czas między wysłaniem polecenia modbus o jego otrzymaniem - parametr uaktualniany tylko,jeśli komunikacja jest aktywna.

Błędy pakietów modbus: Liczba otrzymanych pakietów zawierających błędy (np. niewłaściwa długość, brakujące dane, błąd wtyczki TCP).

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

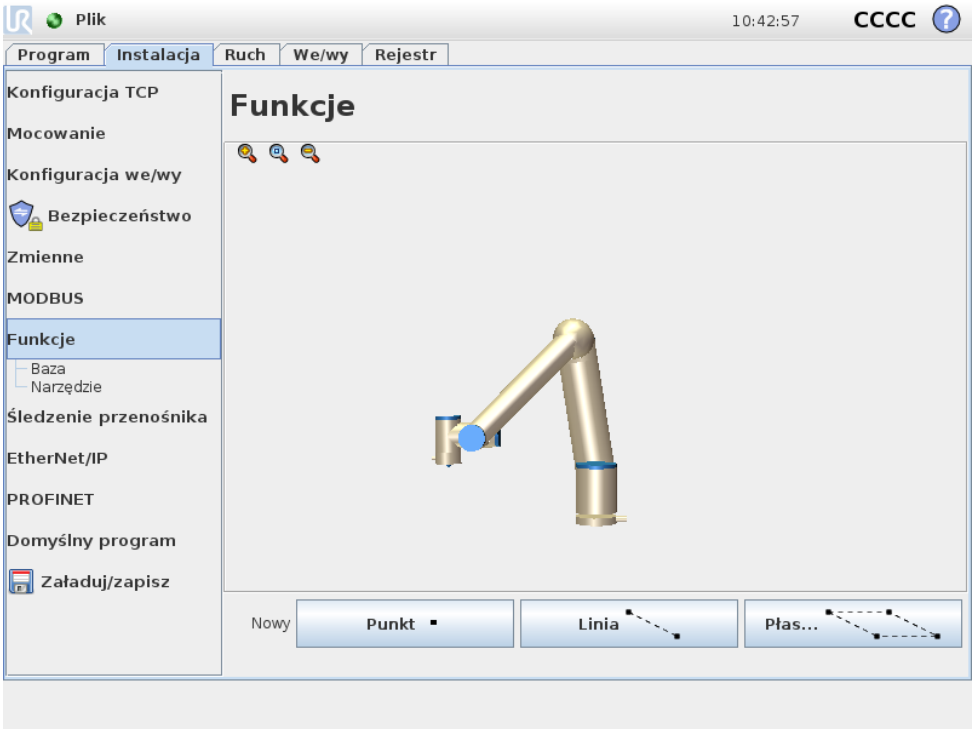
Przekroczenia czasu: Liczba zapytań modbus bez odpowiedzi.

Błędy w odpowiedzi: Liczba pakietów, których nie udało się wysłać ze względu na błędny status wtyczki.

Rzeczywista częst.: Aktualizacja statusu; średnia częstotliwość sygnału klienta (mastera). Wartość jest wyliczana ponownie za każdym razem, kiedy sygnał otrzyma odpowiedź z serwera (lub urządzenia podrzędnego).

Liczenie wykonywane jest do liczby 65 535, następnie znów się zeruje.

13.12 Instalacja → Funkcje



Często zdarza się, że elementy składowe programu robota składają się z ruchów, które muszą zostać wykonane względem określonych obiektów, innych niż podstawa ramienia robota. Obiektami mogą być stoły, inne urządzenia, obsługiwane elementy, przenośniki, palety, systemy wizyjne, półfabrykaty lub granice, które zazwyczaj występują w otoczeniu ramienia robota.

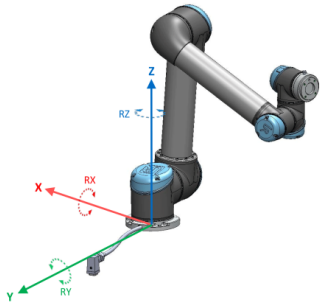
Funkkcja jest konceptem przedstawiającym obiekt, który został zdefiniowany nazwą do użytku w przyszłości i sześcioma postawami wymiaru (pozycja i orientacja) względem podstawy robota.

Robot zawsze ma dwie wstępnie zdefiniowane funkcje. Każda funkcja ma postawę zdefiniowaną przez ustawienie ramienia robota:

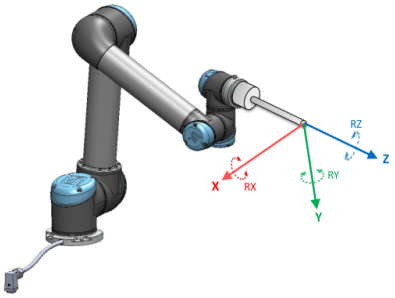
Funkcja: bazowa znajduje się w punkcie początkowym pośrodku podstawy robota `(zob. rys. 13.1)`

Funkcja: narzędzia znajduje się w punkcie początkowym pośrodku bieżącego TCP `(zob. rys. 13.2)`

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.



Rysunek 13.1: Funkcja bazowa



Rysunek 13.2: Funkcja narzędzia (TCP)

Funkcje zdefiniowane przez użytkownika zawierają postawę zdefiniowaną przez użytkownika w unikatowy i intuicyjny sposób, który wykorzystuje bieżącą postawę narzędzia (TCP) do zdefiniowania położenia w obszarze roboczym. To oznacza, że użytkownik może uczyć położeń funkcji za pomocą np. **trybu ruchu swobodnego** lub przesuwać ramię robota impulsowo do pożądanej pozycji.

Do ustalania pozycji można wykorzystać trzy różne strategie (**Punktowa**, **Liniowa** i **Płaszczyznowa**). Najlepsza strategia do danego zastosowania zależy od rodzaju obiektu i wymagań dokładności. Jednak zazwyczaj funkcja oparta na większej liczbie punktów wejściowych (**Liniowa** i **Płaszczyznowa**) powinna mieć pierwszeństwo jeśli stosuje się ją do określonego obiektu.

Istnieje możliwość zdefiniowania np. kierunku przenośnika liniowego wyłącznie za pomocą funkcji **Punktowej**, jednak koncepcja ruchu liniowego byłaby dokładniejsza i lepiej przedstawiona dzięki funkcji **Liniowej**. Definiowanie kierunku przenośnika za pomocą funkcji **Punktowej** wymaga wskazania TCP w kierunku ruchu przenośnika. Większą dokładność kierunku można osiągnąć dzięki największej możliwej fizycznej separacji zamiast definiowania dwóch punktów funkcji **Liniowej**.

Wykorzystanie większej liczby punktów do zdefiniowania postawy, np. stołu oznacza, że orientacja jest oparta o pozycje, a nie o orientację pojedynczego TCP. Precyzyjna konfiguracja orientacji pojedynczego TCP jest z zasady trudniejsza. Objaśnienie zastosowania różnych metod definiowania funkcji podano w (sekcjach 13.12.2), (13.12.3) i (13.12.4).

13.12.1 Korzystanie z funkcji

Jeśli funkcja została zdefiniowana w instalacji, można odnieść się do niej z programu robota, aby powiązać ruch robota (poleceniaRuchL i RuchP) z funkcją (zob. sekcję 14.5). Dzięki temu można w łatwy sposób dostosować program robota, np. przy wielu stanowiskach robota lub jeśli obiekt porusza się dynamicznie podczas czasu wykonywania programu lub stale porusza się w ramach sceny. Każdy ruch programu w którym jest uwzględniany obiekt jest odpowiednio przesuwany dzięki regulacji funkcji referencyjnych danego obiektu. Przykłady są podane w (sekcje 13.12.5) i (13.12.6).

Funkcje z możliwością impulsowania są przydatnym narzędziem podczas przesuwania robota na karcie **Ruch** (sekcja 13.1) lub na ekranie **edytora postawy** (sekcja 12.2). Po wyborze funkcji jako układ odniesienia przyciski **Porusz na-**

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

rzędzie odpowiedzialne za translację i rotację będą działać w wybranym obszarze funkcji (zob. 13.1.2) i (13.1.3), a bieżący odczyt współrzędnych punktu TCP będzie wyświetlany w sekcji ekranu TCP. Jeśli jako funkcję wybrano np. stół, który został również wybrany jako wartość referencyjna na karcie **Ruch**, przyciski strzałek translacji góra/dół, lewo/prawo, przód/tył będą przesuwały robota w odpowiednim kierunku względem stołu, a wyświetlane współrzędne punktu TCP będą mieściły się w ramie stołu.

Zmień nazwę

Przycisk ten umożliwia zmianę nazwy elementu.

Usuń

Przycisk ten usuwa wybraną funkcję oraz wszelkie jej podfunkcje, jeśli takie istnieją.

Pokaż osie

Wybór, czy osie współrzędnych wybranej funkcji będą widoczne na grafice 3D. Wybór ten działa na tym ekranie oraz na ekranie Przesuń.

Z możliwością impulsowania

Wybierz, czy wybrana funkcja będzie mieć możliwość impulsowania. To określa, czy pojawi się on w menu funkcji na ekranie Przesuń.

Zmienna

Wybierz, czy wybrana funkcja może być stosowana jako zmienna. Kiedy ta opcja jest aktywna, podczas edycji programów robota dostępna będzie zmienna o nazwie elementu z przedrostkiem „_var". Tej zmiennej można przypisać nową wartość w programie i następnie jej używać do sterowania punktami orientacyjnymi, które zależą od wartości funkcji. Funkcję należy zaznaczyć jako zmienną, jeśli którekolwiek polecenie ruchu zależne od funkcji powinno być aktualizowane po zmianie funkcji. Jeśli funkcja nie zostanie oznaczona jako zmienna, punkt orientacyjny będzie względny do postawy w czasie podanym w definicji.

Zmień ten punkt

Ten przycisk pozwala ustawić lub zmienić wybrany element. Pojawia się karta **Ruch** (sekcja 13.1) i możliwe jest ustawienie nowej pozycji funkcji.

Przesuń robota tutaj

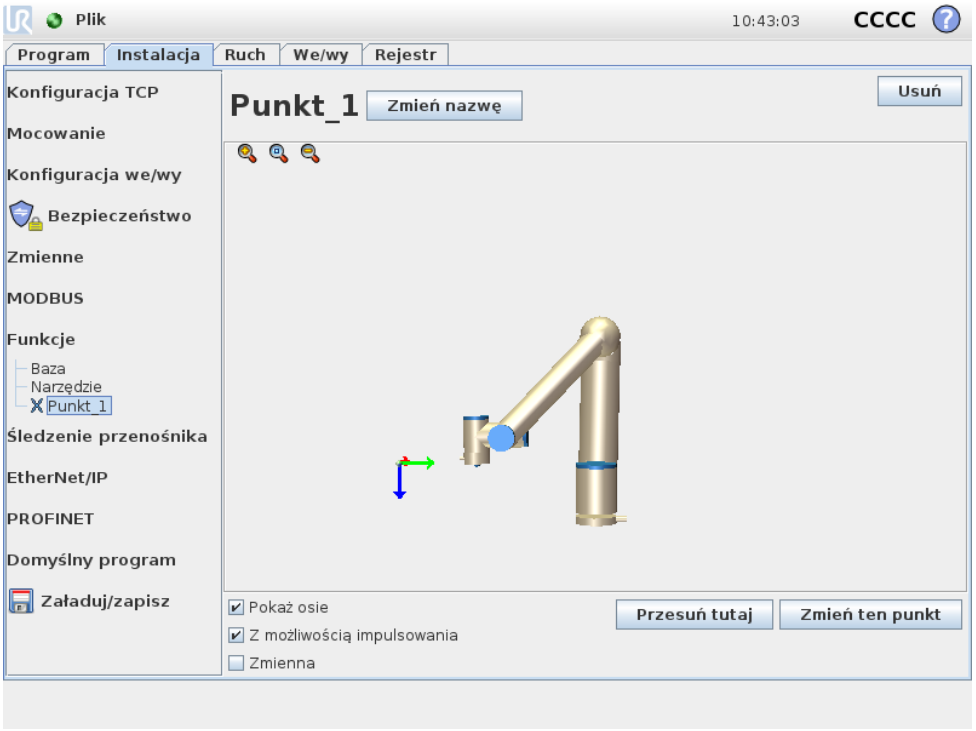
Naciśnięcie tego przycisku przesunie robota w stronę wybranej funkcji. Pod koniec tego ruchu układy współrzędnych elementu oraz punktu centralnego narzędzia (TCP) będą się pokrywać.

13.12.2 Nowy punkt

Naciśnięcie tego przycisku spowoduje dodanie do instalacji funkcji punktowej. Funkcja punktowa jest zazwyczaj wybierana do definiowania granic bezpieczeń-

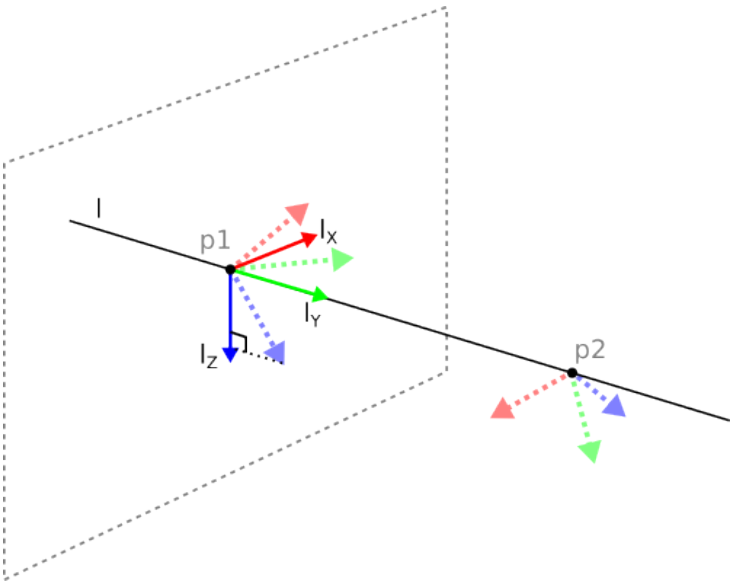
Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

stwa lub globalnego ustawienia domowego ramienia robota. Postawa funkcji punktowej jest zdefiniowana jako pozycja i orientacja punktu centralnego narzędzia (TCP).



13.12.3 Nowa linia

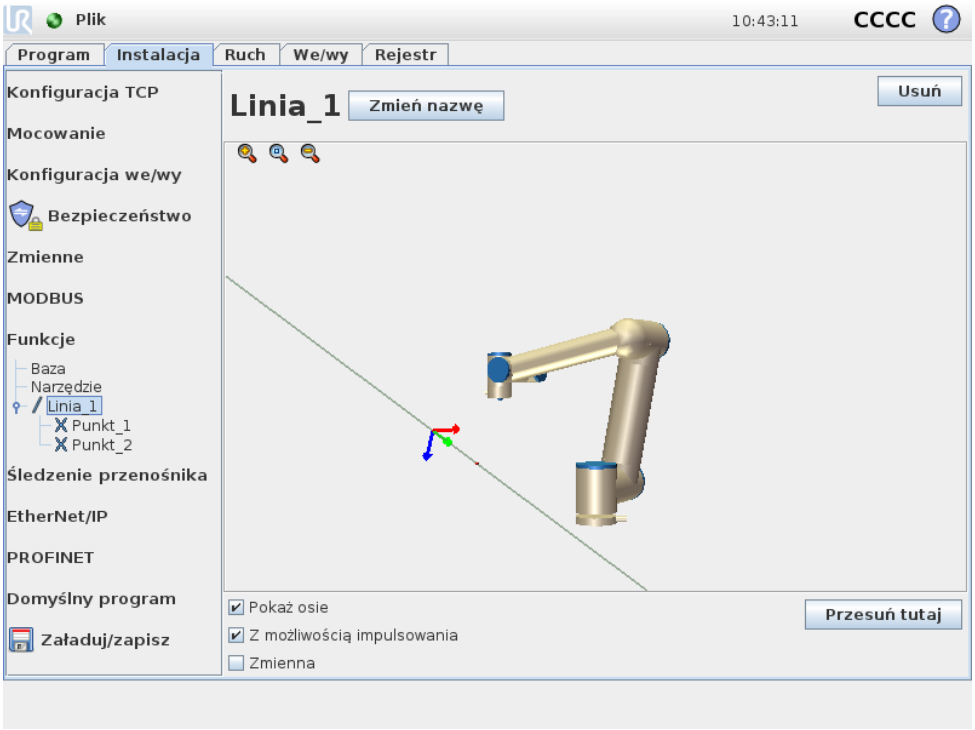
Naciśnięcie tego przycisku spowoduje dodanie do instalacji funkcji linii. Funkcja liniowa jest zazwyczaj wybierana do definiowania linii, zgodnie z którymi musi podążać robot, np. podczas śledzenia przenośnika. Linia *l* jest zdefiniowana jako oś między dwiema funkcjami punktowymi *p1* i *p2*, zgodnie z rys. 13.3.



Rysunek 13.3: Definicja funkcji linii

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

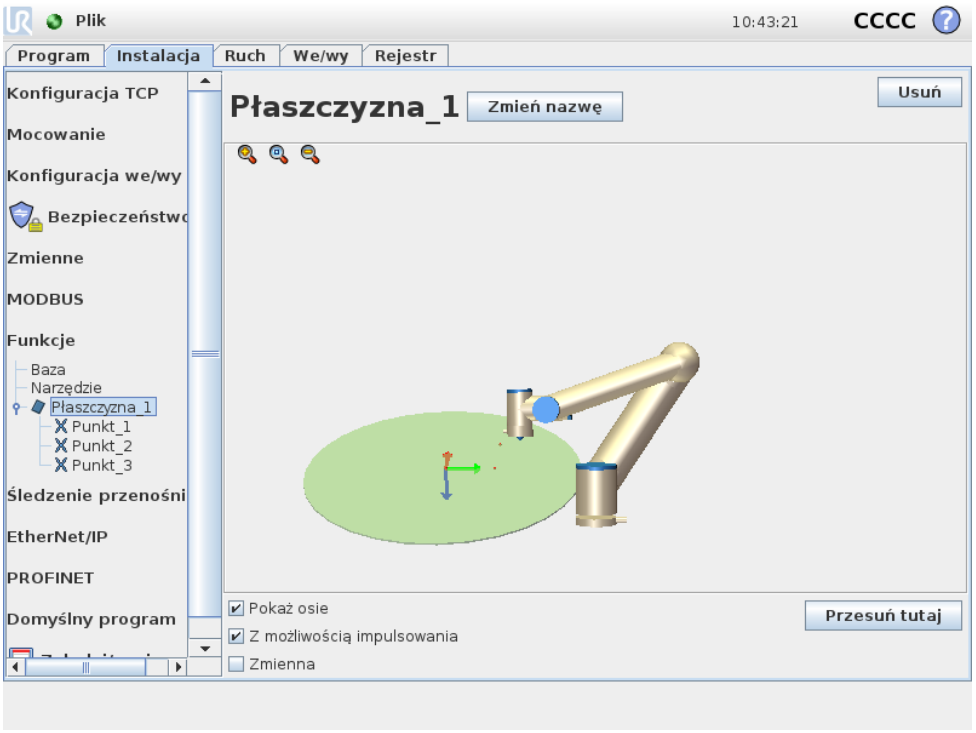
Oś ta, skierowana od pierwszego do drugiego punktu, będzie stanowić oś y układu współrzędnych linii. Oś z będzie definiowana przez rzutowanie osi z *p1* na płaszczyznę prostopadłą do linii. Pozycja układu współrzędnych linii jest taka sama jak pozycja *p1*.



13.12.4 Nowa płaszczyzna

Naciśnięcie tego przycisku spowoduje dodanie do instalacji funkcji płaszczyznowej. Funkcja płaszczyznowa jest zazwyczaj wybierana, gdy potrzebna jest rama o wysokiej precyzji, np. podczas pracy z systemem wizyjnym lub w przypadku ruchu względem stołu. Płaszczyzna jest definiowana przez trzy funkcje punktowe. Pozycja układu współrzędnych jest taka sama, jak pozycja pierwszego podpunktu. Oś z to normalna płaszczyzny, a oś y jest skierowana od pierwszego punktu do drugiego. Dodatni kierunek osi z jest ustawiony w taki sposób, aby kąt pomiędzy osią z płaszczyzny a osią z pierwszego punktu był mniejszy niż 180 stopni.

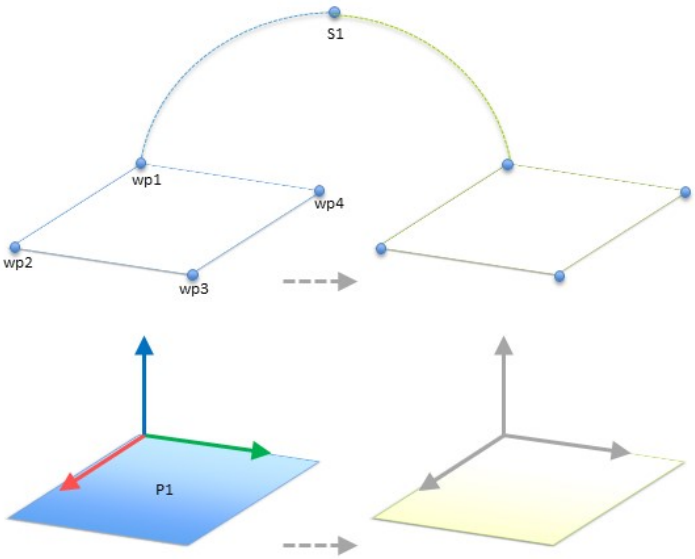
Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.



13.12.5 Przykład: Ręczna aktualizacja funkcji w celu regulacji programu

Uwzględnij zastosowanie funkcji, gdy wiele części programu robota jest względnych do stołu. Rys. 13.4 przedstawia ruch z punktów orientacyjnych `wp1` przez `wp4`.

```
Program robota
    RuchJ
        S1
    Funkcja RuchL #: Zmienna_P1
        wp1
        wp2
        wp3
        wp4
```



Rysunek 13.4: Wystarczy zaprogramować poprzez ręczną zmianę funkcji cztery punkty orientacyjne względne do funkcji płaszczyzny.

Zastosowanie wymaga, aby użyć programu ponownie w wielu instalacjach robota, gdzie tylko pozycja stołu może różnić się w nieznacznym stopniu. Ruch względem stołu jest taki sam.

Program z poleceniem *RuchL* skonfigurowanym względnie do płaszczyzny może

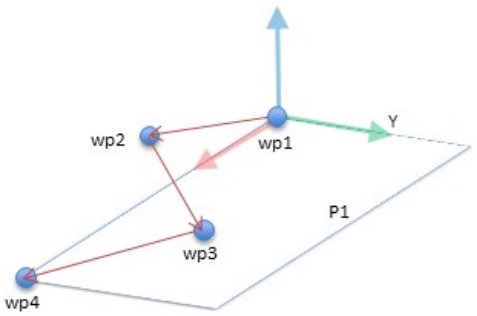
Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

być łatwo zastosowany w dodatkowych robotach dzięki aktualizacji instalacji rzeczywistą pozycją stołu poprzez zdefiniowanie pozycji stołu jako funkcji *P1* w instalacji i oznaczeniu funkcji jako **Zmienna**.

Koncepcja ma zastosowanie do wielu funkcji aplikacji. Dzięki temu można ustalić elastyczny program, który służy do rozwiązania tego samego zadania na wielu robotach, nawet jeśli np. pozycja podnoszenia, zrzucania lub inne ważne miejsce w obszarze pracy instalacji będzie się różnić.

13.12.6 Przykład: Dynamiczna aktualizacja postawy dla funkcji

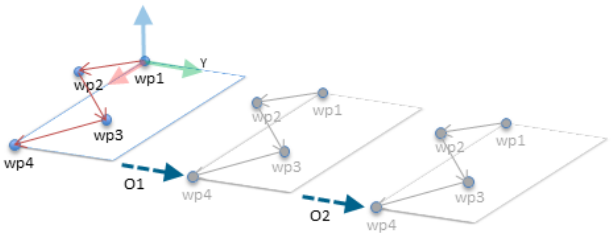
Należy rozważyć podobne zastosowanie, gdzie robot musi wykonać ruch zgodnie z określonym wzorcem nad stołem, aby rozwiązać określone zadanie, zgodnie z rys. 13.5.



Rysunek 13.5: Polecenie *RuchL* z czterema punktami orientacyjnymi względnymi do funkcji płaszczyzny

Teraz należy uwzględnić, że ruch względny do *P1* musi być powtórzony określoną liczbę razy i jest każdorazowo przesunięty o *o*. Przesunięcie w przykładzie jest ustawione na 10 cm w kierunku Y (zob. rys. 13.6, przesunięcia *O1* i *O2*). Można to osiągnąć np. korzystając z funkcji skryptu *pos_dod()* lub *pos_tłum()* za pomocą których można manipulować zmienną funkcją.

```
Program robota
    RuchJ
        Wp1 \texttt{(zob.~\ref{gui
    y = 0,01
    o = p[0,y,0,0,0,0]
    Zmienna_P1 = postawa_tłum(zmier
    Funkcja RuchL #: Zmienna_P1
        wp1
        wp2
        wp3
        wp4
```

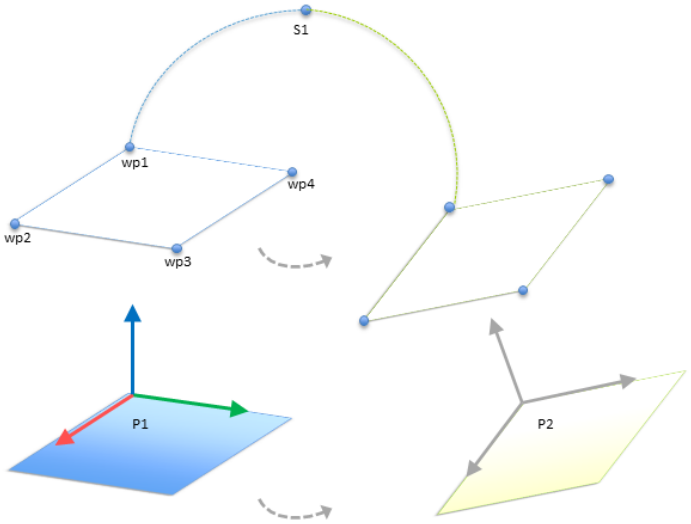


Rysunek 13.6: Stosowanie przesunięcia do funkcji płaszczyzny

Można również zmienić funkcję na całkowicie inną, gdy program jest uruchomiony zamiast dodawać przesunięcie. Takie działanie jest widoczne na poniższym przykładzie (zob. rys. 13.7), gdzie funkcję referencyjną polecenia *RuchL zmiennej_P1* można przełączać pomiędzy dwoma płaszczyznami *P1* i *P2*.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

```
Program robota
    RuchJ
        S1
    jeśli (digital_input[0]) tc
        Zmienna_P1 = P1
    inny
        Zmienna_P1 = P2
    Funkcja RuchL #: Zmienna_P1
        wp1
        wp2
        wp3
        wp4
```



Rysunek 13.7: Zmiana funkcji płaszczyzny na inną

13.13 Ustawienia śledzenia przenośnika

Przy stosowaniu przenośnika można tak skonfigurować robota, aby śledził jego ruch. Konfiguracja śledzenia przenośnika oferuje opcje konfigurowania robota tak, aby współpracował z bezwzględnymi i przyrostowymi koderami, a także liniowymi i kołowymi przenośnikami.

Parametry przenośnika

Przyrostowe: kodery można podłączać do wejść cyfrowych 0 do 3. Dekodowanie sygnałów cyfrowych przebiega z częstotliwością 40 kHz. Wybranie kodera **kwadraturowego** (który wymaga dwóch wejść) pozwala robotowi na określenie szybkości oraz kierunku przenośnika. Jeśli kierunek przenośnika się nie zmienia, do określenia jego szybkości można użyć tylko jednego wejścia do wykrywania zbocza `narastającego`, `opadającego` lub `narastającego i opadającego`.

Bezwzględnych: koderów można używać przy połączeniu przez sygnał MODBUS. Wymaga to skonfigurowania cyfrowego rejestru wejściowego MODBUS w `(sekcja 13.11)`.

Przenośniki liniowe

W przypadku wybrania przenośnika liniowego konieczne jest skonfigurowanie funkcji linii w części **Funkcje** instalacji, aby określić kierunek przenośnika. Funkcja linii powinna być równoległa z kierunkiem przenośnika, należy też zachować dużą odległość między dwoma punktami definiującymi funkcję linii. Zaleca się skonfigurowanie funkcji linii przez zdecydowane dosunięcie narzędzia do powierzchni bocznej przenośnika podczas uczenia obu punktów. Jeśli kierunek funkcji linii jest przeciwny do kierunku ruchu przenośnika, należy nacisnąć przycisk **Odwróć kierunek**.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

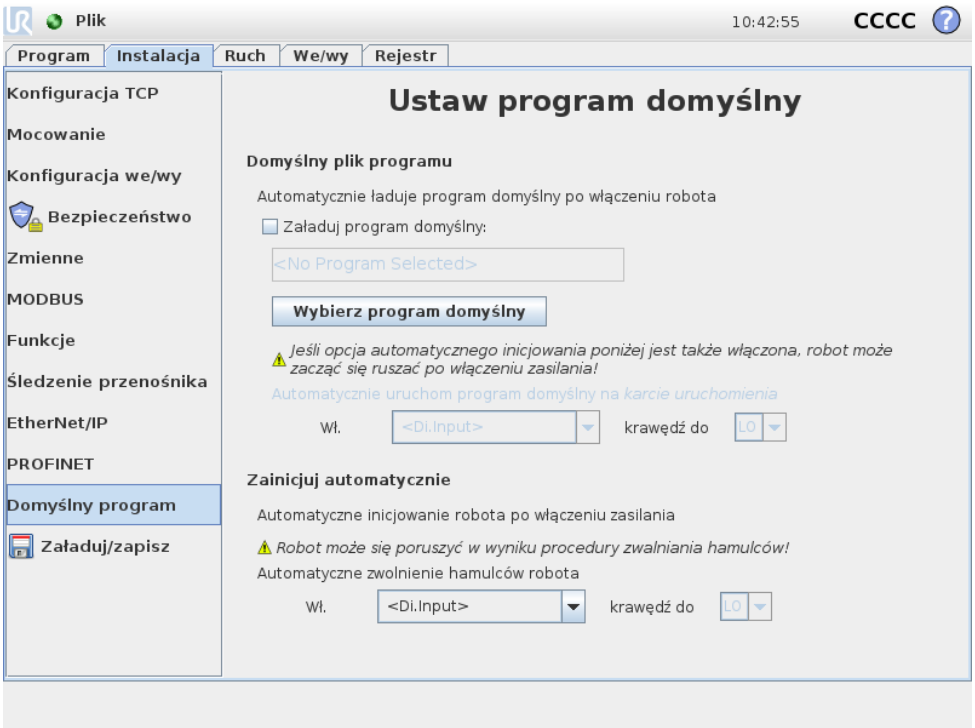
Pole **Znaczników na metr** definiuje liczbę znaczników generowanych przez koder, kiedy przenośnik przesuwa się o jeden metr.

$$\text{Znaczników na metr} = \frac{\text{znaczników na obrót}}{2\pi \cdot \text{promień tarczy kodera[m]}} \tag{13.1}$$

Przenośniki kołowe

Podczas śledzenia przenośnika kołowego należy zdefiniować jego punkt środkowy (koła). Należy to zrobić w części **Funkcje** instalacji, definiując funkcję punktu. Wartość **Znaczników na obrót** definiuje liczbę znaczników generowanych przez koder, kiedy przenośnik wykonuje jeden pełny obrót. Należy zaznaczyć pole wyboru **Obróć narzędzie z przenośnikiem**, jeśli orientacja narzędzia powinna pozostać zgodna z orientacją przenośnika (np. jeśli narzędzie jest ustawione prostopadle w stosunku do przenośnika, pozostanie tak ustawione podczas ruchu). Aby orientacja była kontrolowana przez trajektorię, należy cofnąć zaznaczenie tego pola wyboru.

13.14 Instalacja → Program domyślny



Na tym ekranie znajdują się ustawienia automatycznego ładowania i uruchamiania programu domyślnego, a także automatycznego inicjowania ramienia robota po włączeniu zasilania.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

OSTRZEŻENIE:
Jeśli włączone będą wszystkie opcje: automatycznego ładowania, automatycznego uruchomienia i inicjowania, robot rozpocznie wykonywanie wybranego programu od razu po włączeniu skrzynki sterowniczej, jeśli sygnał wejściowy pasuje do wybranego poziomu sygnału, tj. przejście zbocza do wybranego poziomu sygnału nie będzie konieczne w tym przypadku. W przypadku ustawienia **Niskiego** poziomu sygnału wymagana jest większa ostrożność. W typowym ustawieniu wartość sygnałów wejściowych jest domyślnie ustawiona jako niska. W związku z tym program nie zostanie uruchomiony automatycznie bez wyzwolenia zewnętrznym sygnałem.

Ładowanie programu domyślnego

Można wybrać opcję ładowania programu domyślnego po włączeniu skrzynki sterowniczej. Ponadto program domyślny będzie ładowany także po przejściu do ekranu **Uruchom program**, kiedy nie jest załadowany żaden program (zob. 11.4).

Uruchamianie programu domyślnego

Na ekranie **Uruchom program** możliwe jest automatyczne rozpoczęcie programu domyślnego. Wykonywanie programu zostanie rozpoczęte automatycznie po załadowaniu domyślnego programu i wykryciu zmiany określonej przez zbocze zewnętrznego sygnału wejściowego.
Należy pamiętać, że przy uruchamianiu bieżący poziom sygnału wejściowego jest niezdefiniowany, a wybranie zmiany, która odpowiada poziomowi sygnału przy uruchomieniu spowoduje natychmiastowe rozpoczęcie wykonywania programu. Ponadto opuszczenie ekranu **Uruchom program** lub naciśnięcie przycisku zatrzymania na **Tablicy przyrządów** zdezaktywuje funkcję automatycznego rozpoczynania aż do ponownego naciśnięcia przycisku uruchomienia.

Automatyczne inicjowanie

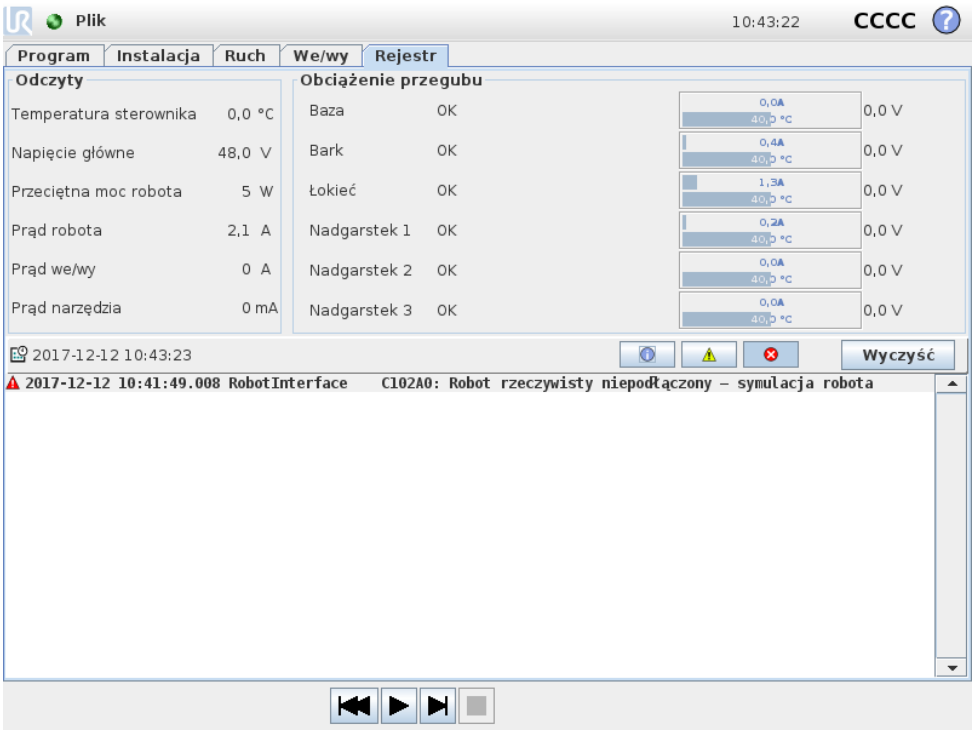
Ramię robota może zostać automatycznie zainicjowane, na przykład w chwili włączenia skrzynki sterowniczej. Ramię robota zostanie całkowicie zainicjowane w przypadku wykrycia przejścia zbocza w wybranym, zewnętrznym sygnale wejściowym, niezależnie od tego, który ekran jest widoczny.

Ostatni etap inicjowania to *zwolnienie hamulców*. Kiedy robot zwalnia hamulce, dochodzi do jego nieznacznego przesunięcia i słyszalny jest dźwięk. Ponadto hamulców nie można automatycznie zwolnić, jeśli skonfigurowane zamocowanie nie odpowiada mocowaniu wykrytemu na podstawie danych z czujników. W takim przypadku konieczna jest ręczne inicjowanie robota na ekranie inicjowania (zob. 11.5).

Uwaga: Przy uruchamianiu bieżący poziom sygnału wejściowego jest niezdefiniowany, a wybranie zmiany, która odpowiada poziomowi sygnału przy uruchomieniu spowoduje natychmiastowe inicjowanie ramienia robota.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

13.15 Karta rejestru



Kondycja robota W górnej połowie ekranu wyświetlana jest kondycja ramienia robota i skrzynki sterowniczej.

Lewa strona pokazuje informacje związane ze skrzynką sterowniczą robota, podczas gdy prawa strona pokazuje informacje o każdym z przegubów robota. Każdy z przegubów robota pokazuje informacje o temperaturze silnika oraz elektroniki, obciążeniu przegubu oraz elektrycznym napięciu na przegubie.

Rejestr robota W dolnej połowie ekranu wyświetlane są komunikaty rejestru. Pierwsza kolumna określa kategorię istotności pozycji rejestru. Druga kolumna pokazuje czas pojawienia się komunikatu. Kolejna kolumna pokazuje nadawcę komunikatu. Ostatnia kolumna pokazuje sam komunikat. Komunikaty można filtrować za pomocą przycisków przełączających właściwych dla istotności. Powyższy rysunek ilustruje wyświetlanie błędów przy odfiltrowaniu komunikatów informacyjnych i ostrzegawczych. Niektóre komunikaty rejestru mają na celu przekazanie większej ilości informacji, do których dostęp jest możliwy po wybraniu pozycji rejestru.

13.16 Ekran ładowania

Na tym ekranie można wybrać program do załadowania. Istnieją dwie wersje tego ekranu: jedna jest używana, gdy użytkownik chce tylko załadować i wykonać program, a druga pozwala na jego edytowanie.

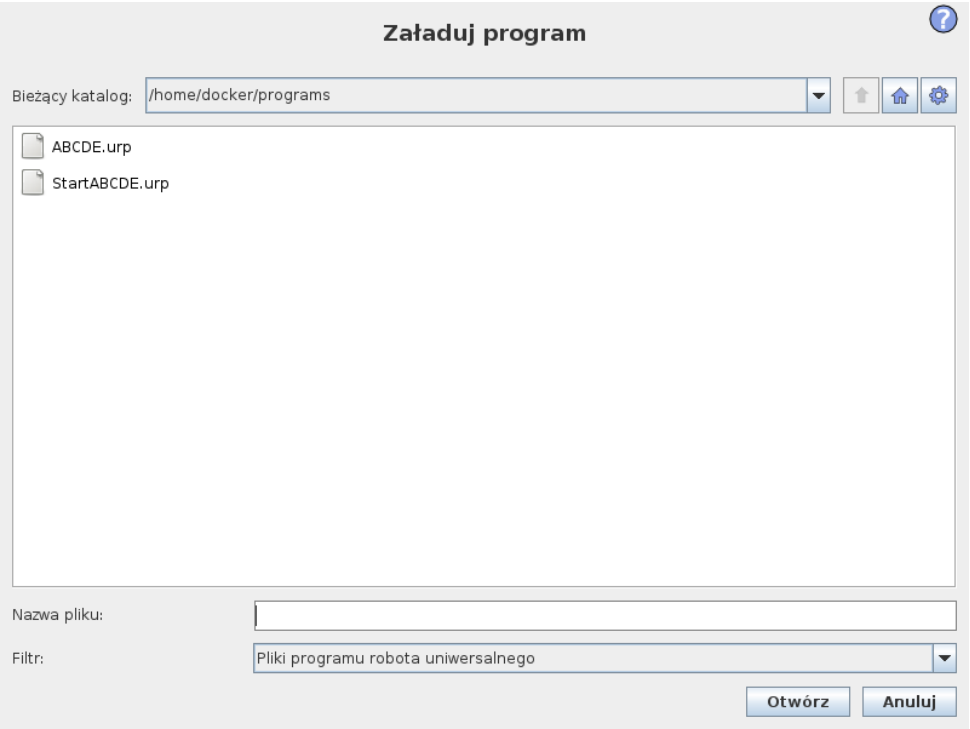
Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

UWAGA:
Wykonywanie programu z nośnika USB jest niezalecane. Aby wykonywać program zapisany na nośniku USB, należy go najpierw załadować, a następnie zapisać w lokalnym folderze `Programy` za pomocą opcji **Zapisz jako...** z menu **Plik**.

Główne różnice polegają na tym, które działania są dostępne dla użytkownika. Na podstawowym ekranie ładowania użytkownik będzie miał możliwość wyłącznie dostępu do plików bez możliwości ich modyfikowania ani usuwania. Ponadto użytkownik nie może opuścić struktury katalogów, zaczynającej się od folderu `programy`. Użytkownik może przejść do podkatalogu, ale nie może wejść na poziom nadrzędny dla folderu `programy`.

W związku z tym wszystkie programy należy umieszczać w folderze programów i/lub w jego podfolderach.

Układ ekranu



Ten rysunek przedstawia rzeczywisty ekran ładowania. Składa się z poniższych istotnych obszarów i przycisków:

Historia ścieżki Historia ścieżki pokazuje listę ścieżek prowadzących do aktualnej lokalizacji. Oznacza to, że pokazane są wszystkie katalogi nadrzędne aż do katalogu głównego komputera. Można tutaj zauważyć, że dostęp do katalogów powyżej folderu programów jest niemożliwy.

Po wybraniu nazwy folderu na liście okno dialogowe ładowania zmienia się na ten katalog i wyświetla go w obszarze wyboru plików (zob. 13.16).

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Obszar wyboru pliku W tym obszarze okna dialogowego pokazana jest zawartość rzeczywistego obszaru. Pozwala to użytkownikowi na wybranie pliku przez pojedyncze kliknięcie jego nazwy lub otworzenie pliku przez kliknięcie dwukrotne.

Katalogi są wybierane poprzez długie naciśnięcie przycisku, trwające ok. 0,5 s. Pojedyncze kliknięcie folderu podrzędnego powoduje wyświetlenie jego zawartości.

Filtr plików Przez wykorzystanie filtra plików można ograniczyć wyświetlane pliki tylko do pożądanego typu. Wybranie opcji **Pliki kopii zapasowej** powoduje, że w obszarze wyboru plików będzie wyświetlanych ostatnich 10 zapisanych wersji każdego z programów, gdzie rozszerzenie `.old0` to wersja najnowsza, a `old9` najstarsza.

Pole pliku Tutaj pokazany jest aktualnie wybrany plik. Użytkownik ma możliwość ręcznego wprowadzenia nazwy pliku, klikając ikonę klawiatury z prawej strony pola. Pojawi się wtedy klawiatura ekranowa, przy pomocy której użytkownik może wprowadzić nazwę pliku bezpośrednio na ekranie.

Przycisk Otwórz Kliknięcie przycisku Otwórz spowoduje otwarcie aktualnie wybranego pliku i powrót do poprzedniego ekranu.

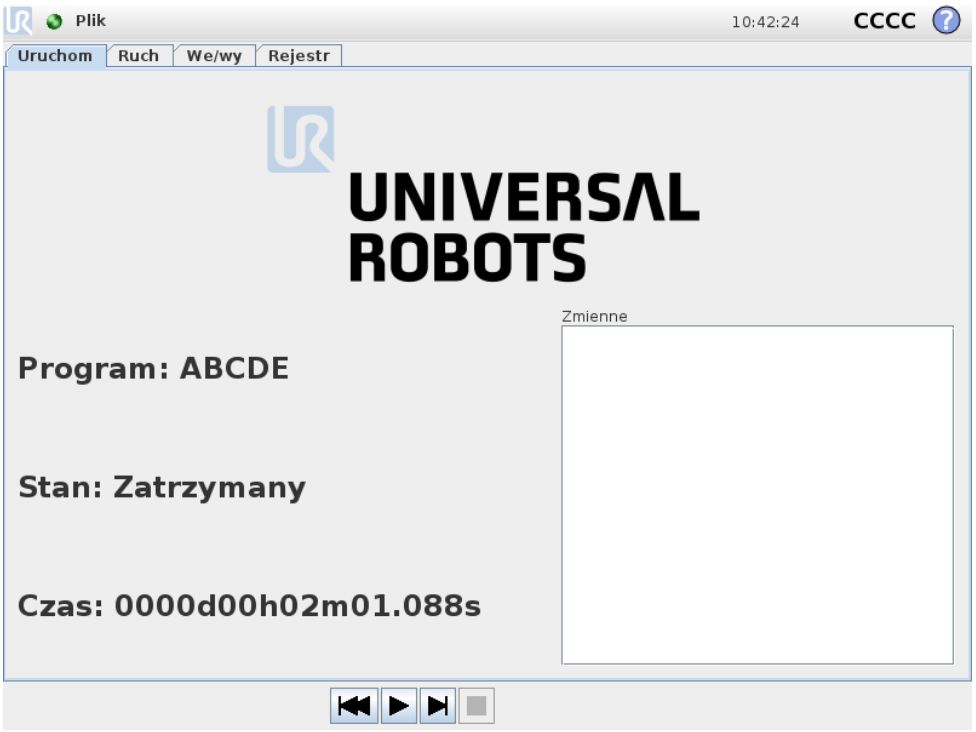
Przycisk Anuluj Kliknięcie przycisku Anuluj spowoduje przerwanie trwającego procesu ładowania i przełączenie ekranu do poprzedniego obrazu.

Przyciski działań Zestaw przycisków pozwala użytkownikowi na wykonywanie działań, które normalnie byłyby dostępne po kliknięciu prawym przyciskiem nazwy pliku w zwykłym oknie dialogowym. Dostępna jest także możliwość poruszania się w górę struktury katalogów i bezpośrednio do folderu programu.

- Nadrzędny: Przejście do góry w strukturze katalogów. Ten przycisk będzie nieaktywny w dwóch przypadkach: kiedy bieżący katalog jest na najwyższym poziomie lub kiedy ekran działa w trybie ograniczonym i bieżący katalog jest folderem programu.
- Przejdź do folderu programu: Przejdź do ekranu głównego
- Działania: Działania takie jak utworzenie katalogu, usunięcie pliku itp.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

13.17 Karta uruchomienia



Ta karta umożliwia bardzo prostą obsługę ramienia robota i skrzynki sterowniczej i zawiera minimalną możliwą liczbę przycisków i opcji. W połączeniu z zabezpieczeniem hasłem części PolyScope odpowiadającej za programowanie (zob. 15.3) pozwala ona przekształcić robota w narzędzie, w którym można uruchamiać wyłącznie gotowe napisane programy.

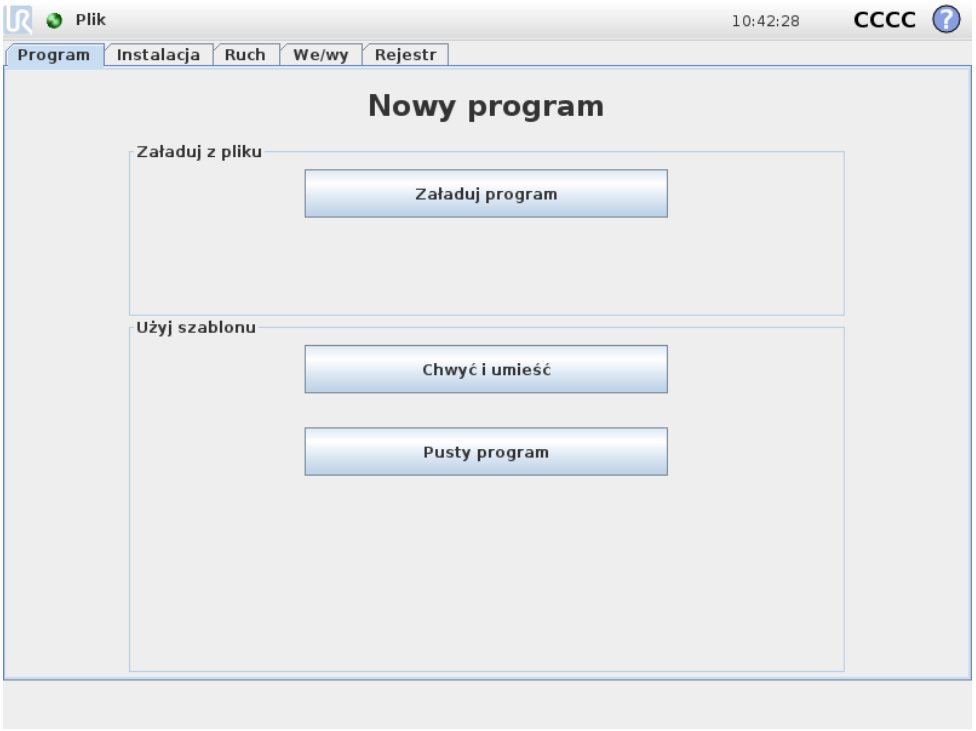
Ponadto w tej karcie możliwe jest automatyczne załadowanie i uruchomienie programu domyślnego na podstawie przejścia zbocza zewnętrznego sygnału wejściowego (zob. 13.14). Połączenie automatycznego ładowania i uruchamiania programu domyślnego oraz automatycznego inicjowania przy uruchomieniu może być użyte na przykład do zintegrowania ramienia robota z inną maszyną.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

14 Programowanie

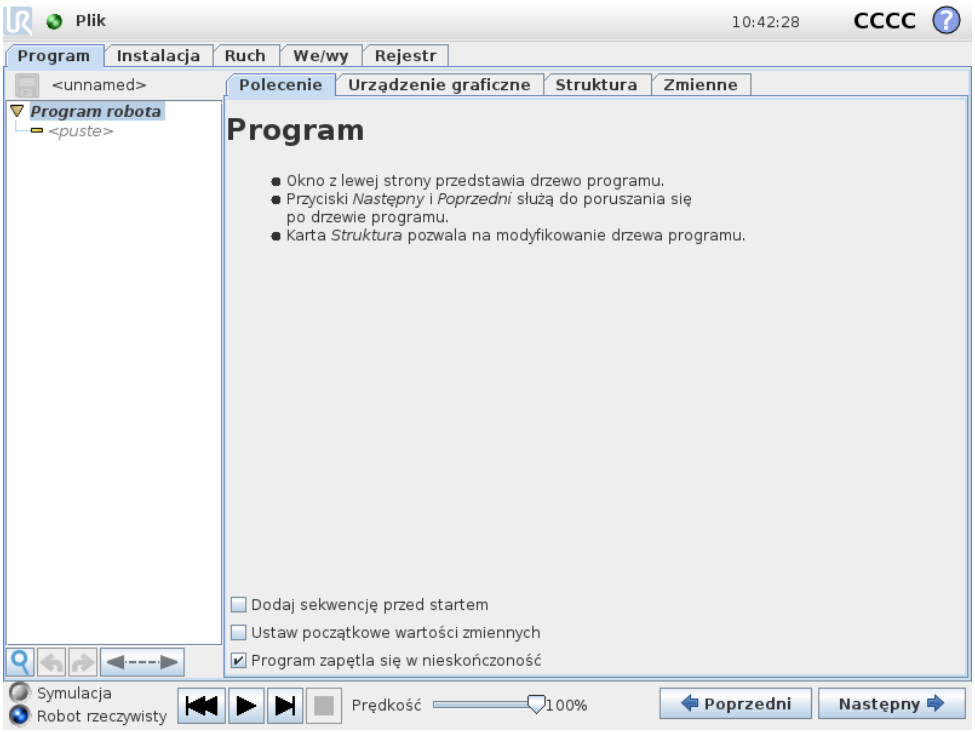
14.1 Nowy program



Nowy program robota można zacząć pracę albo od *szablonu*, albo od istniejącego (zapisanego) programu robota. *Szablon* może zapewnić ogólną strukturę programu, tak że konieczne jest tylko uzupełnienie szczegółów programu.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

14.2 Karta Program



Na karcie Program jest wyświetlany aktualnie edytowany program.

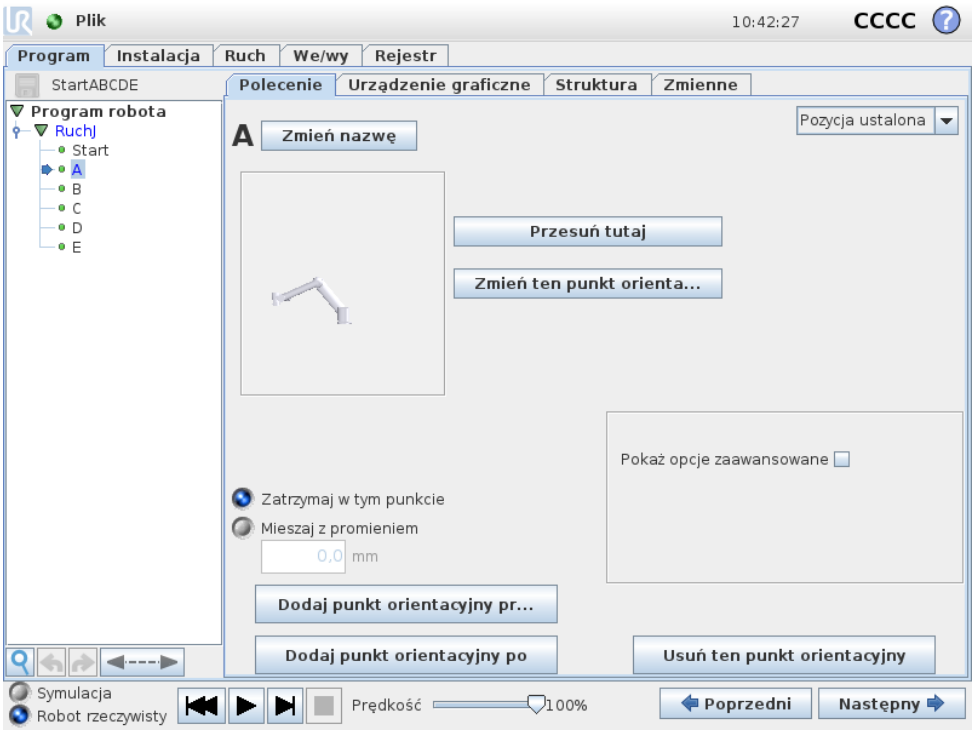
14.2.1 Drzewo programu

Drzewo programu z lewej strony ekranu wyświetla program jako listę poleceń, zaś obszar z prawej strony ekranu wyświetla informacje dotyczące bieżącego polecenia. Bieżące polecenie wybiera się, klikając listę poleceń lub używając przycisków **Poprzedni** i **Następny** w prawej dolnej części ekranu. Polecenia można wstawiać i usuwać na karcie **Struktura**. Nazwa programu jest wyświetlana bezpośrednio nad listą poleceń z małą ikoną dyskietki, którą można kliknąć, aby szybko zapisać program.

W drzewie programu aktualnie wykonywane polecenie jest wyróżnione, jak opisuje `14.2.2`.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

14.2.2 Wskazanie wykonywania programu



Drzewo programu zawiera wizualne elementy, które informują o tym, które polecenie jest wykonywane przez sterownik robota. Z lewej trony ikony polecenia widoczna jest mała ikona wskaźnika , a nazwa wykonywanego polecenia oraz wszystkich poleceń, dla których wykonywane polecenie jest podrzędne (zwykle oznaczane ikonami ▶/▼) są wyróżniane niebieskim kolorem. Pomaga to użytkownikowi w odszukaniu wykonywanego polecenia w drzewie.

Na przykład ramię robota porusza się w kierunku punktu orientacyjnego. Odpowiednie polecenie podrzędne takiego punktu oznaczone jest ikoną , a jego nazwa wraz z nazwą zawierającego je polecenia Ruch (zob. 14.5) są wyświetlane na niebiesko.

Jeśli program zostanie wstrzymany, ikona wskaźnika jego wykonywania będzie oznaczać ostatnie wykonywane polecenie.

Kliknięcie przycisku z ikoną pod drzewem programu spowoduje przejście w drzewie do aktualnie lub ostatnio wykonywanego polecenia. Jeśli użytkownik kliknie polecenie w czasie wykonywania programu, na karcie `Polecenie` będą widoczne informacje związane z wybranym poleceniem. Naciśnięcie przycisku spowoduje, że na karcie `Polecenie` ponownie będą wyświetlane informacje o aktualnie wykonywanych poleceniach.

14.2.3 Przycisk wyszukiwania

Przycisk z ikoną służy do wyszukiwania tekstu w drzewie programu. Po kliknięciu wyszukiwania możliwe jest wprowadzenie tekstu, a pasujące węzły programu będą wyróżnione żółtym kolorem. Naciśnięcie ikony pozwala na wyjście z trybu wyszukiwania.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

14.2.4 Przyciski cofnij/ponów

Przyciski z ikonami oraz pod drzewem programu służą do cofania i przywracania zmian wprowadzonych w drzewie programu i w zawartych w nim poleceniach.

14.2.5 Tablica przyrządów programu

Najniższa część ekranu to *Tablica przyrządów*. *Tablica przyrządów* zawiera zestaw przycisków podobnych do tych ze starych magnetofonów, za pomocą których można uruchamiać i zatrzymywać programy, wykonywać je krokowo i ponownie uruchamiać. *Suwak szybkości* umożliwia regulację szybkości programu w dowolnej chwili, co bezpośrednio wpływa na szybkość ruchów robota. Ponadto *suwak szybkości* w czasie rzeczywistym pokazuje względną szybkość ruchu ramienia robota z uwzględnieniem ustawień bezpieczeństwa. Wskazywana wartość procentowa to maksymalna szybkość, jaką można osiągnąć w działającym programie bez przekraczania limitów bezpieczeństwa.

Z lewej strony *Tablicy przyrządów* znajdują się przyciski `Symulacja` i `Robot rzeczywisty`, które przełączają uruchomienie programu między pracą w trybie symulacji i pracą na prawdziwym robocie. Podczas pracy w trybie symulacji ramię robota się nie porusza, dzięki czemu nie może ulec uszkodzeniu ani uszkodzić pobliskiego wyposażenia w efekcie kolizji. Symulacja służy do testowania programów, jeśli nie ma pewności co do czynności ramienia robota.

NIEBEZPIECZEŃSTWO:

1. Po naciśnięciu przycisku `Odtwarzaj` należy koniecznie pozostawać poza przestrzenią roboczą robota. Zaprogramowany ruch może się różnić od oczekiwanego.
2. Po naciśnięciu przycisku `Krok` należy koniecznie pozostawać poza przestrzenią roboczą robota. Działanie przycisku `Krok` może być trudne do zrozumienia. Należy go używać tylko w razie absolutnej konieczności.
3. Program należy zawsze sprawdzać z szybkością ograniczoną przez suwak szybkości. Logiczne błędy programowania popełnione przez integratora mogą powodować nieoczekiwane ruchy ramienia robota.
4. W przypadku zatrzymania awaryjnego lub ochronnego program robota się zatrzymuje. Możliwe jest jego wznowienie, o ile żaden przegub nie poruszy się o więcej niż 10°. Po naciśnięciu opcji odtwarzania robot powoli powróci na trajektorię i będzie kontynuować wykonywanie programu.

Podczas pisania programu wynikowe ruchy ramienia robota są pokazywane na rysunku 3D na karcie `Urządzenie graficzne`, której opis zawiera 14.29.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Obok każdego polecenia programu znajduje się mała ikona, która ma barwę czerwoną, żółtą lub zieloną. Czerwona ikona oznacza, że w danym poleceniu występuje błąd, żółta oznacza, że polecenie nie jest ukończone, zaś zielona oznacza, że całość jest prawidłowa. Program można uruchomić tylko wtedy, kiedy wszystkie polecenia są zielone.

14.3 Zmienne

Program robota może używać zmiennych do zapisywania i aktualizowania różnych wartości podczas pracy. Dostępne są dwa rodzaje zmiennych:

Zmienne instalacji: Te zmienne mogą być używane przez wiele programów, a ich nazwy i wartości są powiązane z instalacją robota (zob. 13.10). Zmienne instalacji zachowują swoje wartości także po ponownym uruchomieniu robota i skrzynki sterowniczej.

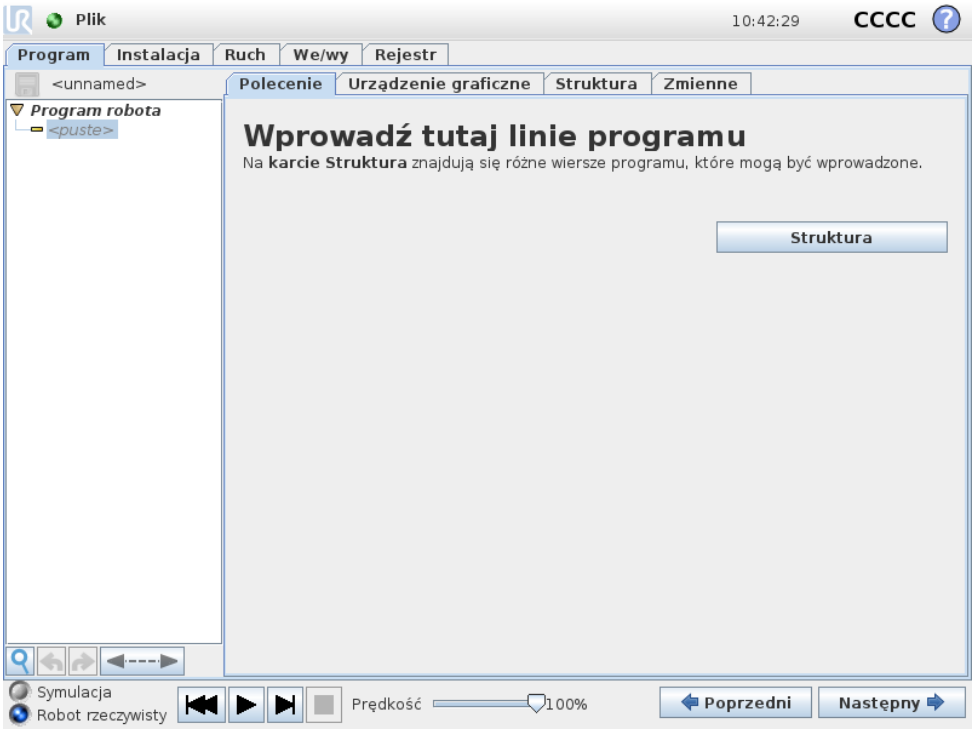
Zwykłe zmienne programu: Te zmienne są dostępne wyłącznie dla wykonywanego programu, a ich wartości są tracone od razu po zatrzymaniu programu.

Dostępne są poniższe typy zmiennych:

logiczna	Zmienna logiczna, której wartość to albo `Prawda`, albo `Fałsz`.
całk.	Liczba całkowita z zakresu od -2147483648 do 2147483647 (32 bity).
zm.przec	Liczba zmiennoprzecinkowa (dziesiętna) (32 bity).
ciąg	Ciąg znaków.
postawa	Wektor opisujący lokalizację i orientację w przestrzeni kartezjańskiej. Jest to połączenie wektora wodzącego (x, y, z) i wektora obrotu (rx, ry, rz) określającego orientację, z zapisem `p[x, y, z, rx, ry, rz]`.
lista	Ciąg zmiennych.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

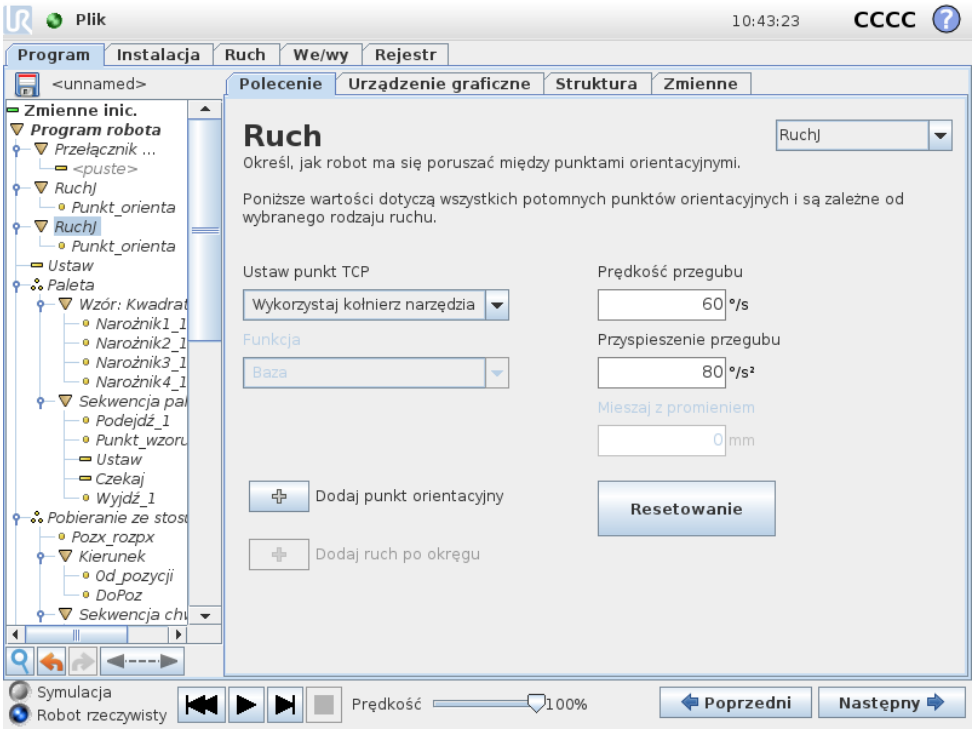
14.4 Polecenie: Puste



Tutaj należy wstawić polecenia programu. Aby przejść do karty struktury, gdzie można znaleźć różne wiersze programu do wybrania, należy nacisnąć przycisk **Struktura**. Programu nie można uruchomić zanim wszystkie wiersze nie zostaną określone i zdefiniowane.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

14.5 Polecenie: Ruch



Polecenie **Ruch** steruje ruchem robota przez zadane punkty orientacyjne. Punkty orientacyjne muszą zostać określone w ramach polecenia Ruch. Polecenie Ruch określa przyspieszenie i szybkość, z jaką ramię robota będzie się poruszać między tymi punktami orientacyjnymi.

Rodzaje ruchów

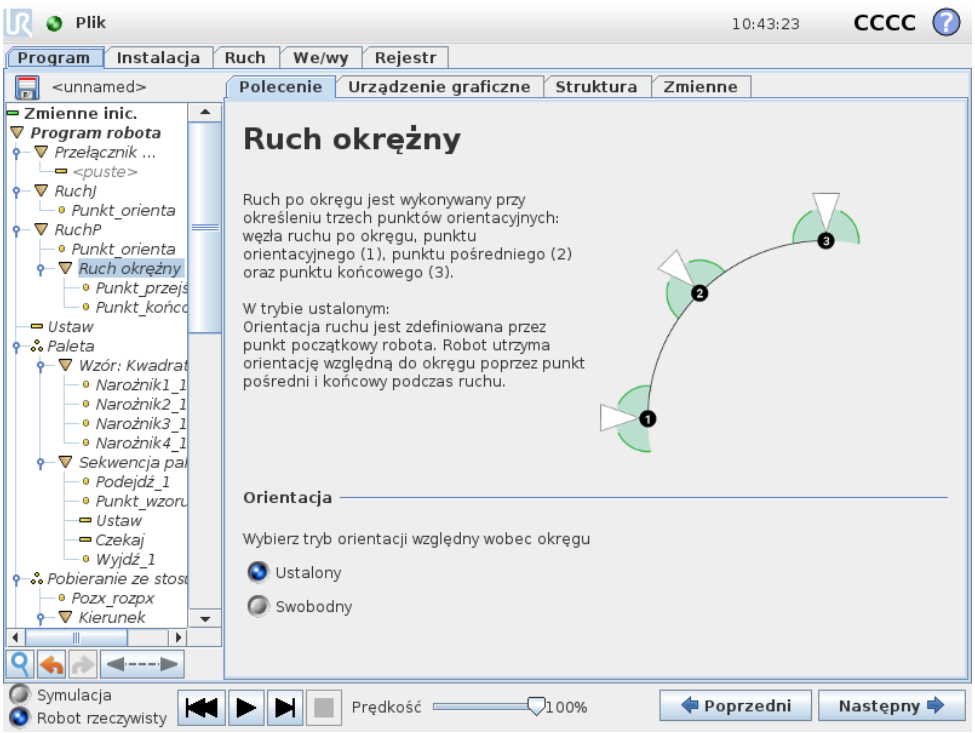
Można wybrać jeden z trzech rodzajów ruchów: **RuchJ**,**RuchL** oraz **RuchP**, które zostały opisane poniżej.

- **ruchJ** powoduje wykonywanie ruchów obliczanych w **przestrzeni przegubów**. Każdy przegub jest sterowany tak, aby jednocześnie osiągnąć żądane położenie końcowe. Ten rodzaj ruchu daje zakrzywiony tor narzędzia. Wspólnymi parametrami mającymi zastosowanie do tego rodzaju ruchu są maksymalna szybkość przegubu i przyspieszenie przegubu, używane w obliczeniach ruchu i wyrażane odpowiednio w jednostkach deg/s i deg/s^2. Jeśli ramię robota ma się szybko przemieścić między punktami orientacyjnymi bez względu na tor narzędzia między nimi, należy wybrać ten rodzaj ruchu.
- **RuchL** powoduje liniowy ruch narzędzia między punktami orientacyjnymi. Oznacza to, że każdy przegub wykonuje dużo bardziej złożony ruch, aby utrzymać narzędzie na prostym torze. Wspólnymi parametrami, które można ustawić dla tego rodzaju ruchu są żądana szybkość narzędzia i przyspieszenie narzędzia wyrażane odpowiednio w jednostkach mm/s i mm/s^2, a także funkcja. Wybrana funkcja określa, w jakiej przestrzeni funkcji są reprezentowane pozycje narzędzia w punktach orientacyjnych. Szczególnie interesujące

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

z punktu widzenia przestrzeni funkcji są zmienne funkcje i zmienne punkty orientacyjne. Zmiennych funkcji można użyć, gdy pozycja narzędzia w punkcie orientacyjnym powinna zostać określona przez rzeczywistą wartość zmiennej funkcji, gdy działa program robota.

- **RuchP** powoduje liniowy ruch narzędzia ze stałą szybkością z kołowym mieszaniem i służy do wykonywania takich operacji, jak klejenie lub dozowanie. Wielkość promienia mieszania jest domyślnie wspólną wartością dla wszystkich punktów orientacyjnych. Mniejsza wartość spowoduje, że tor będzie ostrzejszy, zaś większa wartość spowoduje, że tor będzie łagodniejszy. Gdy ramię robota porusza się między punktami orientacyjnymi ze stałą szybkością, skrzynka sterownicza robota nie może oczekiwać na operację we/wy ani czynność operatora. Taka sytuacja może zatrzymać ruch ramienia robota lub spowodować zatrzymanie ochronne.
- **Ruch po okręgu** może być dodany do polecenia **ruchP**, aby wykonać ruch obrotowy. Robot zaczyna poruszać się z aktualnej pozycji do punktu początkowego, przemieszcza się poprzez **punkt przejściowy** oznaczony na łuku oraz **punkt końcowy**, co kończy ruch obrotowy.
  Tryb jest wykorzystywany do obliczenia orientacji narzędzia poprzez łuk okręgu.
  Tryb może być:
  - Stały: stosowany jest wyłącznie punkt początkowy do określenia orientacji narzędzia
  - Swobodny: punkt początkowy zamienia się w **punkt końcowy** w celu określenia orientacji narzędzia



Parametry wspólne

Wspólne parametry w prawym dolnym rogu ekranu Ruch dotyczą przesunięcia z wcześniejszego położenia ramienia robota do pierwszego punktu orientacyjnego

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

z danego polecenia i dalej do każdego kolejnego punktu orientacyjnego. Ustawienia polecenia Ruch nie mają zastosowania do toru idącego *od* ostatniego punktu orientacyjnego w ramach danego polecenia Ruch.

Wybór punktu TCP

Punkt TCP używany dla punktów orientacyjnych w danym poleceniu Ruch można wybrać z menu rozwijanego. Z instalacji można wybrać TCP zdefiniowane przez użytkownika, aktywne TCP lub wykorzystać kołnierz narzędzia. Po wyborze TCP zdefiniowanego przez użytkownika lub aktywnego TCP ruch polecenia Ruch zostanie dostosowany do wybranej wartości. Wybór opcji Wykorzystaj kołnierz narzędzia spowoduje, że TCP nie będzie wykorzystywane, a ruch polecenia Ruch zostanie dostosowany do kołnierza narzędzia (tj. ruch nie ulegnie korekcie).

Jeśli aktywny punkt TCP dla tego ruchu jest wyznaczony podczas wykonywania programu, musi być ustawiony dynamicznie za pomocą polecenia Ustaw (zob. 14.10) lub przez polecenia skryptu. Więcej informacji o konfigurowaniu nazwanych punktów TCP (zob. 13.6).

Wybór funkcji

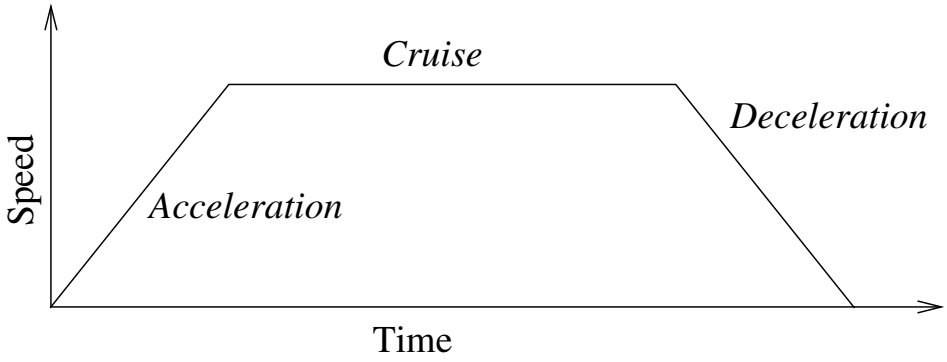
Dla opcji **RuchL** i **RuchP** można wybrać w jakiej przestrzeni funkcji będą reprezentowane punkty orientacyjne w ramach polecenia Ruch, gdy te punkty orientacyjne będą określane (zob. sekcję 13.12). Oznacza to, że podczas ustawiania punktu orientacyjnego program będzie pamiętał współrzędne narzędzia w przestrzeni funkcji dla wybranej funkcji. Istnieje kilka okoliczności wymagających dokładniejszego omówienia.

Względne punkty orientacyjne: Wybrana funkcja nie ma wpływu na względne punkty orientacyjne. Ruch względny jest zawsze wykonywany względem orientacji **podstawy**.

Zmienne punkty orientacyjne: Gdy ramię robota porusza się do zmiennego punktu orientacyjnego, docelowe położenie narzędzia jest obliczane jako współrzędne zmiennej w przestrzeni wybranej funkcji. W związku z tym ruch ramienia robota do zmiennego punktu orientacyjnego zmienia się po wybraniu innej funkcji.

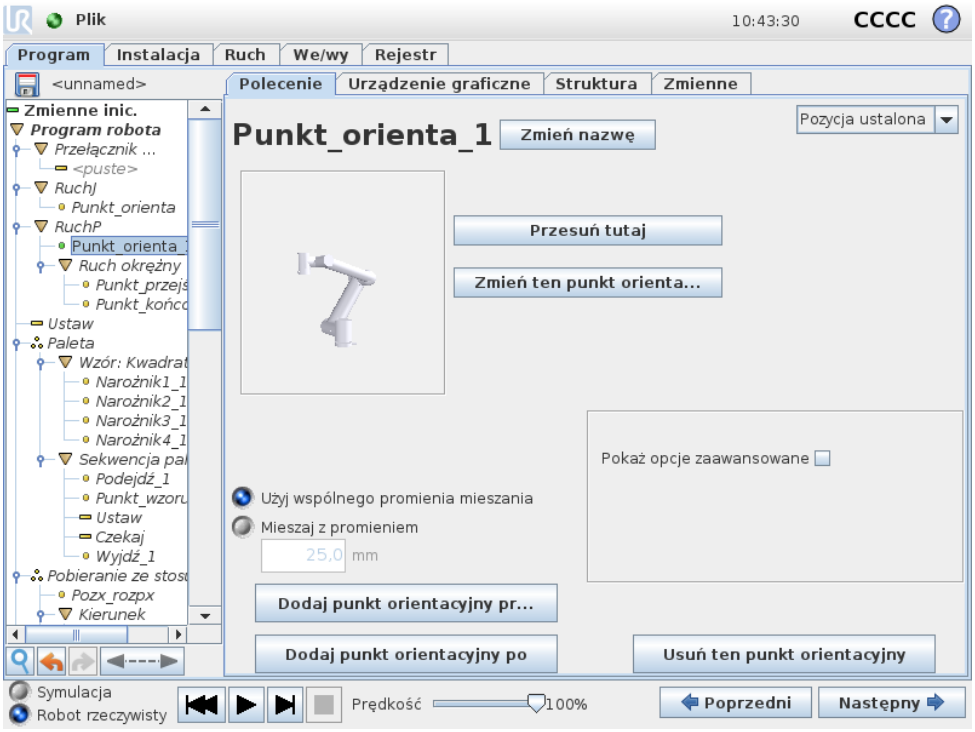
Funkcja zmienna: Jeśli dowolna z funkcji w aktualnie załadowanej instalacji zostanie określona jako zmienna, odpowiadające jej zmienne będzie również można wybrać w menu wyboru funkcji. Jeśli zostanie wybrana zmienna funkcji (nazywana nazwą funkcji i z przedrostkiem „_var”), ruchy ramienia robota (z wyjątkiem **Względnych punktów orientacyjnych** będą wykonywane względem rzeczywistej wartości zmiennej podczas działania programu. Wartością początkową zmiennej funkcji jest wartość rzeczywistej funkcji, jaką skonfigurowano podczas instalacji. W przypadku zmiany tej wartości zmianie ulegną ruchy robota.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.



Rysunek 14.1: Profil szybkości dla ruchu. Krzywą można podzielić na trzy części: *przyspieszenie*, *stała szybkość* i *hamowanie*. Poziom fazy *stała szybkość* jest określany przez ustawienie szybkości ruchu, zaś nachylenie faz *przyspieszenia* i *hamowania* są określane przez parametr przyspieszenia.

14.6 Polecenie: Ustalony punkt orientacyjny



Punkt na torze robota. Punkty orientacyjne są najważniejszą częścią programu robota i kierują ramię robota, gdzie ma się znaleźć. Punkt orientacyjny o ustalonej pozycji jest określany przez fizyczne przesunięcie ramienia robota do danej pozycji.

Ustawianie punktu orientacyjnego

Należy nacisnąć ten przycisk, aby przejść do ekranu Ruch, gdzie można określić pozycję ramienia robota dla tego punktu orientacyjnego. Jeśli punkt orientacyjny został za pomocą polecenia Ruch umieszczony w przestrzeni liniowej (**RuchL** lub **RuchP**), dla tego polecenia Ruch musi zostać wybrana poprawna funkcja, aby można było nacisnąć ten przycisk.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

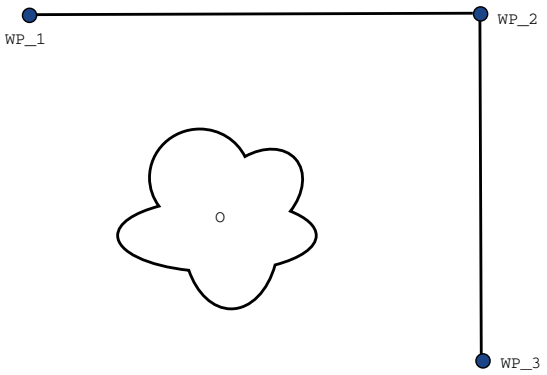
Nazwy punktów orientacyjnych

Punkty orientacyjne automatycznie otrzymują unikalną nazwę podczas definiowania. Użytkownik może zmienić nazwę. Punkty orientacyjne o takiej samej nazwie współdzielą informacje o pozycji. Zmiana pozycji punktu orientacyjnego wpłynie na wszystkie punkty orientacyjne o tej samej nazwie. Pozostałe informacje na temat punktów orientacyjnych, takie jak promień mieszania, prędkość narzędzi/przegubów i przyspieszenie narzędzi/przegubów, można ustawić dla poszczególnych punktów orientacyjnych, nawet jeśli mają taką samą nazwę.

Mieszanie

Mieszanie umożliwia robotowi płynne przejście między dwiema trajektoriami bez zatrzymywania się w punkcie orientacyjnym między nimi.

Przykład Przykładem może być czynność (zob. rys. 14.2), gdzie robot jest w drodze do punktu orientacyjnego1 (WP_1) i musi chwycić obiekt w punkcie orientacyjnym 3 (WP_3). Aby uniknąć kolizji z obiektem i innymi przeszkodami (O), robot musi zbliżyć się do WP_3 w kierunku punktu orientacyjnego 2 (WP_2). Aby utworzyć tor spełniający wymagania, należy wprowadzić trzy punkty orientacyjne.



Rysunek 14.2: WP_1: pozycja początkowa, WP_2: punkt przejściowy, WP_3: pozycja podnoszenia, O: przeszkoda.

Robot zatrzyma się przy każdym punkcie orientacyjnym przed kontynuowaniem ruchu, jeśli nie inne ustawienia nie zostaną zmienione. Dla tego zadania zatrzymanie się przy WP_2 nie jest optymalne, ponieważ płynne przejście wymaga mniej czasu i energii, a zarazem spełnia wymagania. Dopuszczalne jest nawet, aby robot nie dotarł dokładnie do położenia WP_2, o ile przejście z pierwszej trajektorii na drugą zostanie przeprowadzana w pobliżu tego położenia.

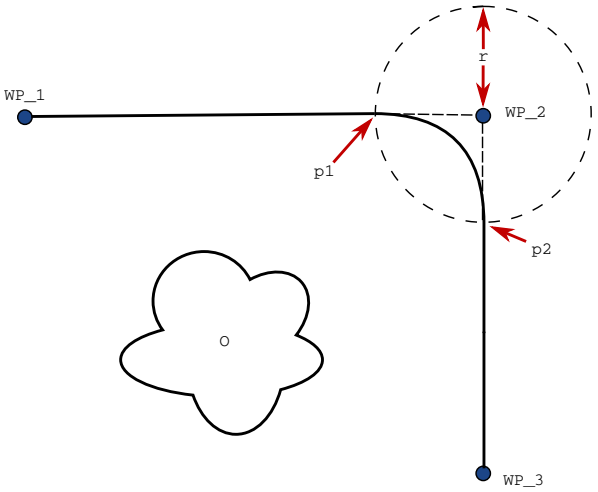
Można uniknąć zatrzymania się w położeniu WP_2, konfigurując mieszanie dla punktu orientacyjnego i umożliwiając robotowi obliczenie płynnego przejścia do kolejnej trajektorii. Podstawowy parametr mieszania to promień. Jeśli robot mieści się w promieniu mieszania punktu orientacyjnego, może rozpocząć przejście i od-

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

chylić się od pierwotnego toru. To umożliwi szybszy i płynniejszy ruch ponieważ robot nie będzie musiał zwalniać ani przyspieszać.

Parametry mieszania Wiele parametrów poza punktami orientacyjnymi ma wpływ na trajektorię mieszania (zob. rys. 14.3):

- Promień mieszania (`r`)
- Początkowa i końcowa prędkość robota (odpowiednio w położeniu `p1` i `p2`)
- Czas ruchu (np. jeśli określony czas trajektorii zostanie ustawiony, wpłynie on na początkową/końcową prędkość robota)
- Typ trajektorii, od której i do której robot ma przejść (`RuchL`, `RuchJ`)



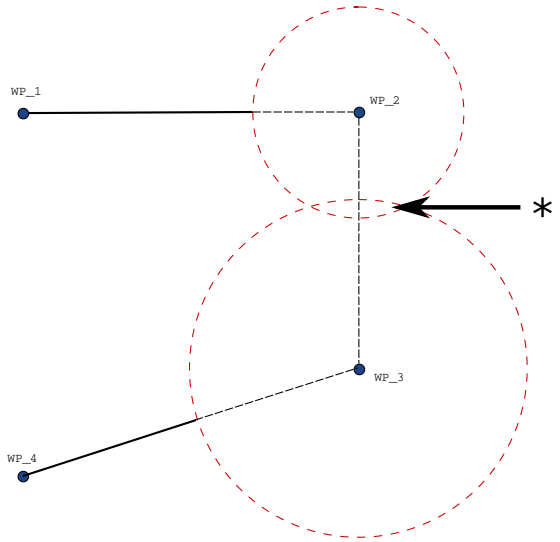
Rysunek 14.3: Mieszanie `WP_2` z promieniem `r`, pozycja początkowa przejścia `p1`, pozycja końcowa mieszania `p2`. `O` jest przeszkodą.

W przypadku ustawienia promienia mieszanego trajektoria ramienia robota zmienia się wokół punktu orientacyjnego, co pozwala ramieniu nie zatrzymywać się w tym punkcie.

Fragmenty mieszania nie mogą się nakładać, więc nie można ustawić promienia mieszanego nakładającego się na promień mieszany poprzedniego lub następnego punktu orientacyjnego, zgodnie z rys. 14.4.

Warunkowe trajektorie mieszania Trajektoria mieszania jest uzależniona od punktu orientacyjnego, w którym jest ustawiony promień mieszania i kolejnej trajektorii mieszania w drzewie programu. W programie na rys. 14.5 mieszanie wokół `WP_1` jest uzależnione od `WP_2`. Konsekwencje powyższego są bardziej widoczne, gdy mieszanie w tym przypadku odbywa się wokół `WP_2`. Istnieją dwie możliwe pozycje końcowe. Robot, aby określić kolejny punkt orientacyjny do którego ma mieszać musi ocenić bieżący odczyt z czujnika `digital_input[1]` już na etapie wkraczania w promień mieszania. To oznacza, że wyrażenie **jeśli...to** (lub inne wyrażenia niezbędne do określenia punktu odniesienia, np. zmienne punkty orientacyjne) zostaje przeanalizowane przed dotarciem do punktu `WP_2`, co jest nieco sprzeczne z

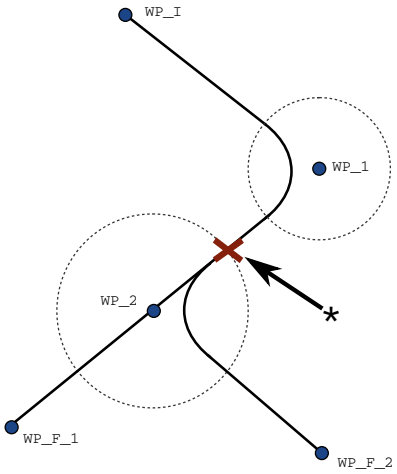
Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.



Rysunek 14.4: Nakładanie się promienia mieszania zabronione (*).

intuicją, jeśli brać pod uwagę sekwencję programu. Jeśli punkt orientacyjny jest punktem zatrzymania po którym następuje wyrażenie porównawcze, które ma określić kolejny punkt orientacyjny (np. polecenie we/wy), wyrażenie zostaje wykonane po zatrzymaniu ramienia robota w tym punkcie orientacyjnym.

```
RuchL
     WP_I
     WP_1 (mieszanie)
     WP_2 (mieszanie)
     jeśli (digital_input[1]) to
         WP_F_1
     inny
         WP_F_2
```



Rysunek 14.5: `WP_I` to początkowy punkt orientacyjny. Istnieją dwa możliwe końcowe punkty orientacyjne, `WP_F_1` i `WP_F_2`, w zależności od wyrażeń warunkowych. Wyrażenie warunkowe `jeśli` zostaje przeanalizowane, gdy ramię robota wejdzie w drugi obszar mieszania(*).

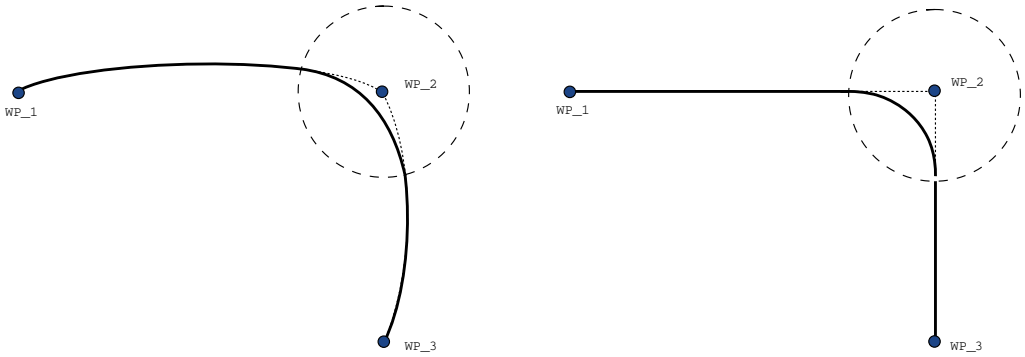
Kombinacje typów trajektorii Można mieszać za pomocą wszystkich czterech kombinacji typów trajektorii **RuchJ** i **RuchL**, jednak określona kombinacja będzie miała wpływ na obliczoną trajektorię mieszania. Istnieją 4 kombinacje:

1. **RuchJ** do **RuchJ** (mieszanie wyłącznie w przestrzeni przegubów)

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

2. **RuchJ** do **RuchL**
3. **RuchL** do **RuchL** (mieszanie wyłącznie w przestrzeni kartezjańskiej)
4. **RuchL** do **RuchJ**

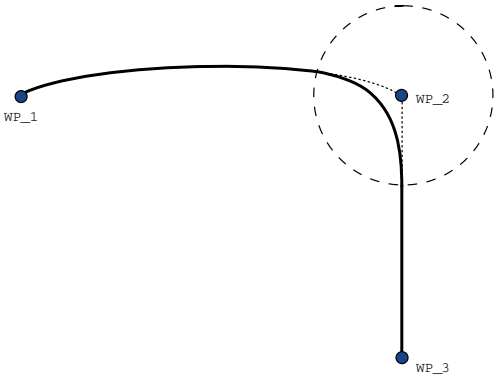
Mieszanie wyłącznie w przestrzeni przegubów (punkt 1) i mieszanie wyłącznie w przestrzeni kartezjańskiej (punkt 3) są porównane na rys. 14.6. Pokazane są dwa możliwe tory narzędzia dla takich samych zestawów punktów orientacyjnych.



Rysunek 14.6: Ruch i mieszanie w przestrzeni przegubów (RuchJ) — przestrzeni kartezjańskiej (RuchL).

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

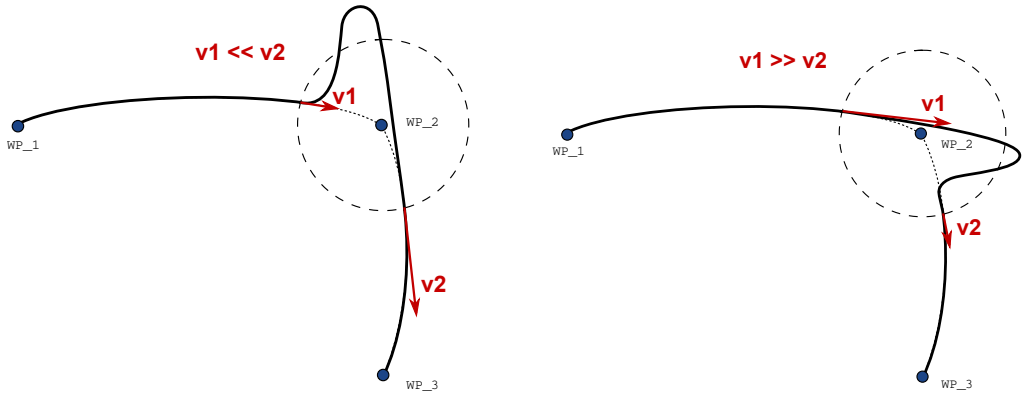
W innych kombinacjach punkty 2, 3 i 4 utworzą trajektorie, które pozostaną w granicach pierwotnej trajektorii przestrzeni kartezjańskiej. Przykład mieszania różnych typów trajektorii (punkt 2) jest widoczny na rys. 14.7.



Rysunek 14.7: Przejście z ruchu w przestrzeni przegubów (RuchJ) do liniowego ruchu narzędzia (RuchL).

Mieszanie wyłącznie w przestrzeni przegubów (punkt 1) może jednak przebiegać w mniej intuicyjny sposób, ponieważ robot będzie starał się wybrać najpłynniejszą możliwą trajektorię w przestrzeni przegubów, biorąc pod uwagę prędkość i wymagania dotyczące czasu. Z tego powodu trajektorie mogą różnić się od torów określonych przez punkty orientacyjne. Taka sytuacja może zdarzyć się szczególnie

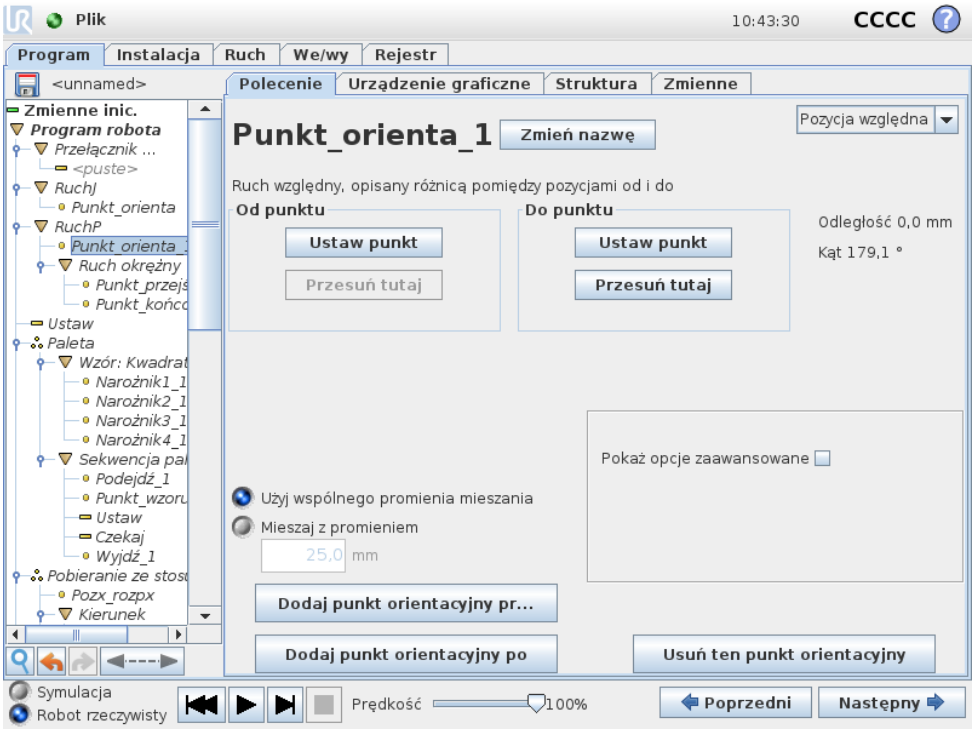
w przypadku znacznych różnic prędkości przegubów dwóch trajektorii. *Uwaga:* jeśli prędkości znacznie różnią się (np. przez ustawienia zaawansowane — zarówno prędkości jak i czasu — określonego punktu orientacyjnego) może wystąpić duże odchylenie od pierwotnej trajektorii, zgodnie z rys. 14.8. Jeśli zachodzi potrzeba połączenia różnych prędkości i nie można zaakceptować odchyleń, należy rozważyć mieszanie w przestrzeni kartezjańskiej, korzystając z **RuchL**.



Rysunek 14.8: Mieszanie w przestrzeni przegubów następuje, gdy prędkość początkowa v1 jest znacznie niższa niż prędkość końcowa v2 lub na odwrót.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

14.7 Polecenie: Względny punkt orientacyjny

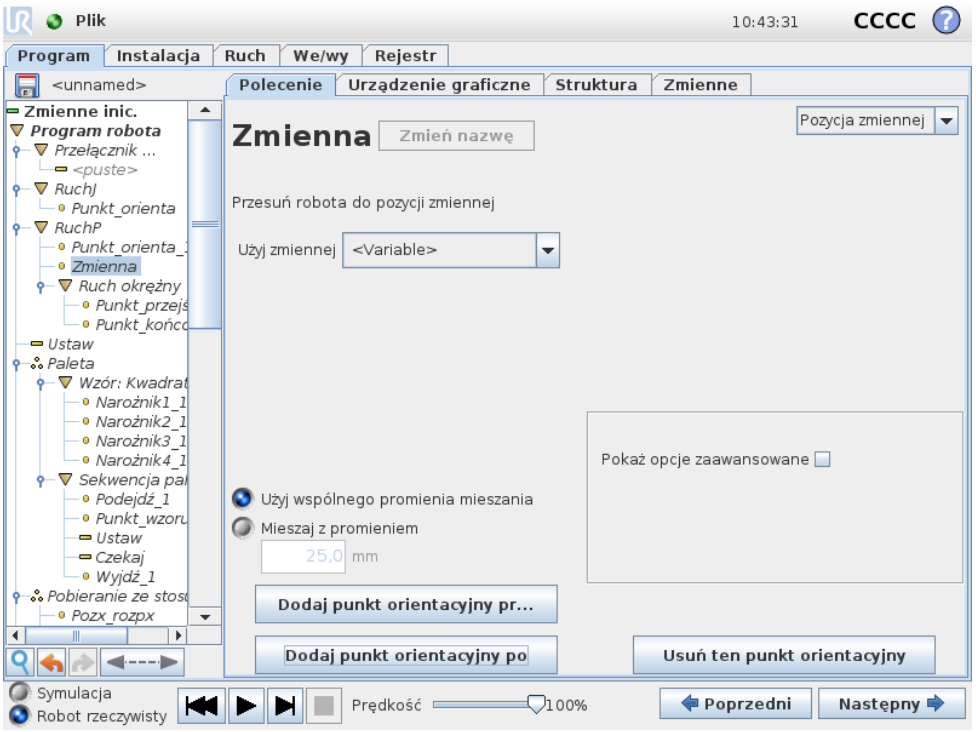


Punkt orientacyjny, którego pozycja jest podana względem poprzedniej pozycji ramienia robota, na przykład „dwa centymetry w lewo”. Pozycja względna jest zdefiniowana jako różnica pomiędzy dwoma podanymi pozycjami (od lewej do prawej). Uwaga: powtarzane wykorzystanie pozycji względnych może przesunąć ramię robota poza jego przestrzeń roboczą.

Odległością jest tutaj odległość kartezjańska pomiędzy punktem TCP w dwóch pozycjach. Kąt określa, jak bardzo zmienia się orientacja TCP pomiędzy dwoma pozycjami. Dokładniej mówiąc, chodzi o długość wektora obrotu opisującą zmianę orientacji.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

14.8 Polecenie: Zmienny punkt orientacyjny



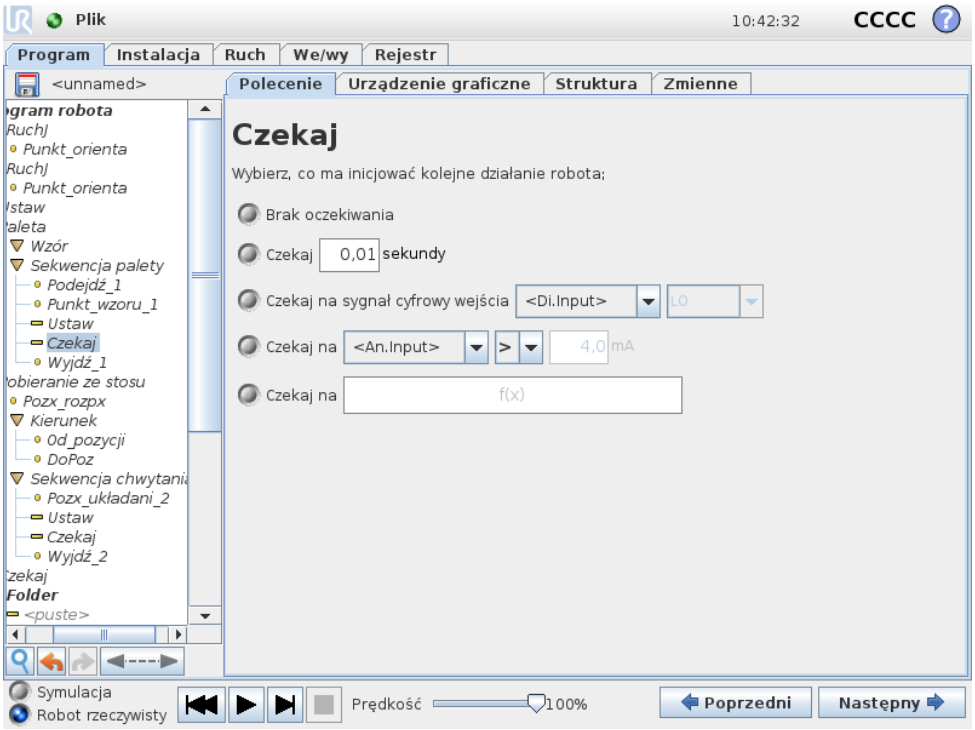
Punkt orientacyjny, którego pozycja została podana jako zmienna, w tym przypadku `obliczona_poz`. Zmienna musi stanowić *postawę*, na przykład `var=p[0.5,0.0,0.0,3.14,0.0,0.0]`. Pierwsze trzy odpowiadają *x,y,z*, a ostatnie trzy stanowią informację o orientacji podaną w postaci *wektora obrotu* zdefiniowanego przez wektor *rx,ry,rz*. Długość osi to kąt obrotu podany w radianach, a sam wektor określa oś, dookoła której dokonuje się obrót. Pozycja jest zawsze podawana względem układu odniesienia albo układu współrzędnych zdefiniowanego przez wybraną cechę. Do zmiennego punktu orientacyjnego ramię robota zawsze przemieszcza się liniowo. Jeśli promień mieszania jest ustawiony w ustalonym punkcie orientacyjnym, a poprzedzające go i następujące po nim punkty orientacyjne są zmienne lub jeśli promień mieszania jest ustawiony w zmiennym punkcie orientacyjnym, wtedy promień mieszania nie będzie sprawdzany pod kątem nakładania się `(patrz 14.6)`. Jeśli po uruchomieniu programu promień mieszania nakłada się na punkt, robot zignoruje go i przejdzie do następnego.

Na przykład w celu przesunięcia robota o 20 mm wzdłuż osi z narzędzia:

```
zm_1=p[0,0,0.02,0,0,0]
RuchL
  Punkt orientacyjny_1 (zmienna pozycja):
    Użyj zmiennej=zm_1, Funkcja=Narzędzie
```

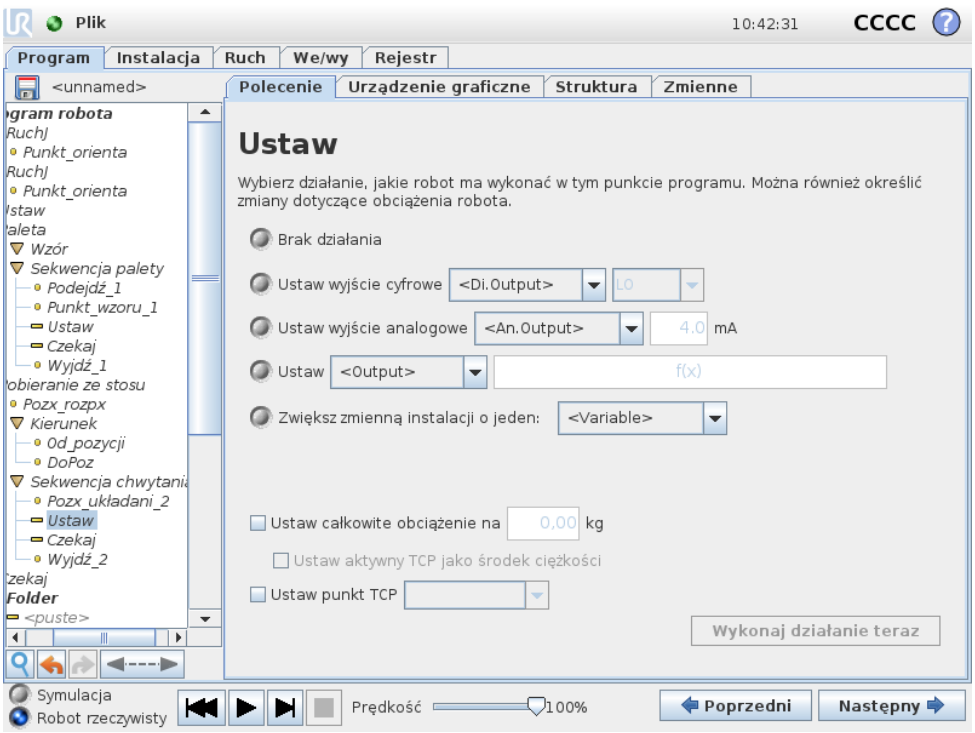
Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

14.9 Polecenie: Czekaj



Polecenie **Czekaj** wstrzymuje na określony czas sygnał I/O lub wyrażenie. Przy poleceniu **Bez czekania** (No wait) nic się nie dzieje.

14.10 Polecenie: Ustaw



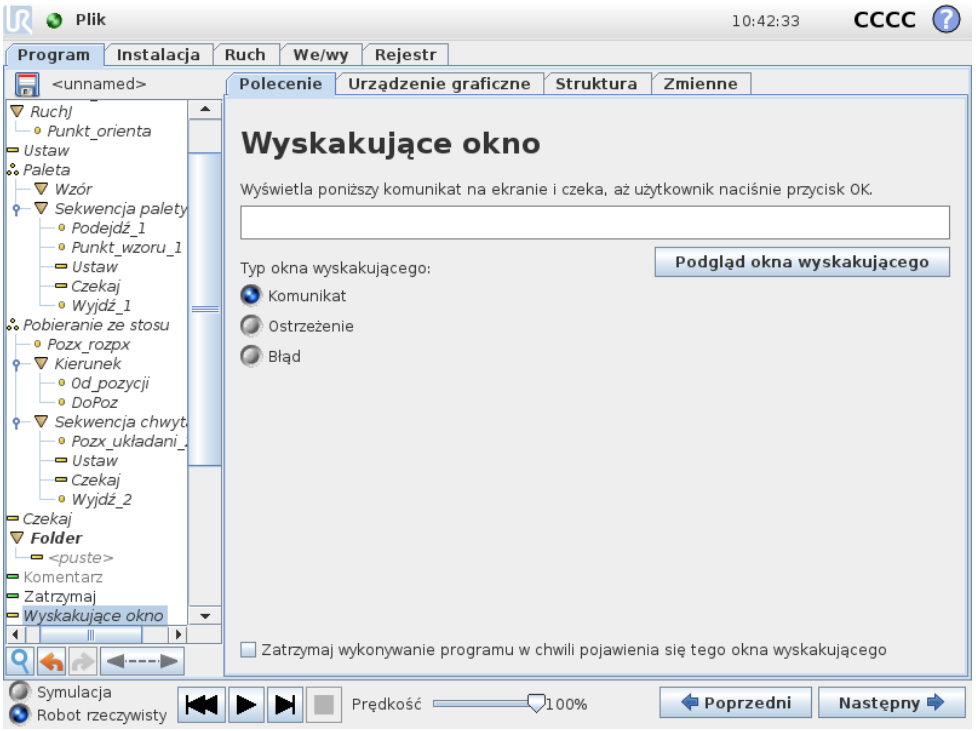
Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Ustawia wyjścia cyfrowe albo analogowe na zadaną wartość.

Polecenia można użyć do ustawienia obciążenia ramienia robota. Regulacja obciążenia może być konieczna, aby zapobiec włączaniu zatrzymania ochronnego robota, gdy ciężar na narzędziu jest inny od oczekiwanego obciążenia. Aktywny punkt TCP jest domyślnie ustawiony jako środek ciężkości. Jeśli aktywny punkt TCP nie powinien być ustawiony jako środek ciężkości, należy odznaczyć pole wyboru.

Aktywny punkt TCP można również modyfikować przez polecenie **Ustaw** polecenie. Wystarczy zaznaczyć pole wyboru i wybrać z menu jedno z odsunięć punktu TCP. Jeśli podczas pisania programu znany jest aktywny punkt TCP w danym ruchu, warto zamiast tego rozważyć zastosowanie doboru TCP z karty **Ruch** (zob. 14.5). Więcej informacji o konfigurowaniu nazwanych punktów TCP patrz 13.6).

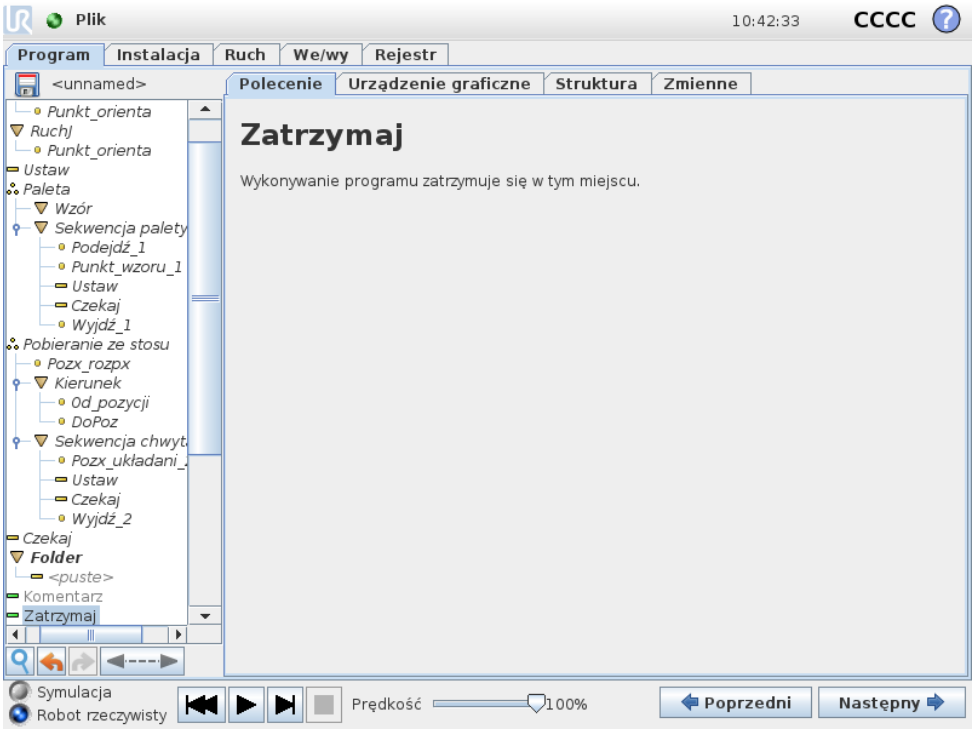
14.11 Polecenie: Wyskakujące okno



Okienko wyskakujące to komunikat wyświetlany na ekranie, gdy program dojdzie do tego polecenia. Można wybrać styl komunikatu, zaś sam tekst można wprowadzić za pomocą klawiatury ekranowej. Przed kontynuacją programu robot czeka, aż użytkownik lub operator naciśnie przycisk „OK” pod okienkiem wyskakującym. W przypadku wybrania opcji „Zatrzymaj wykonywanie programu” program robota zatrzyma się na tym okienku wyskakującym.

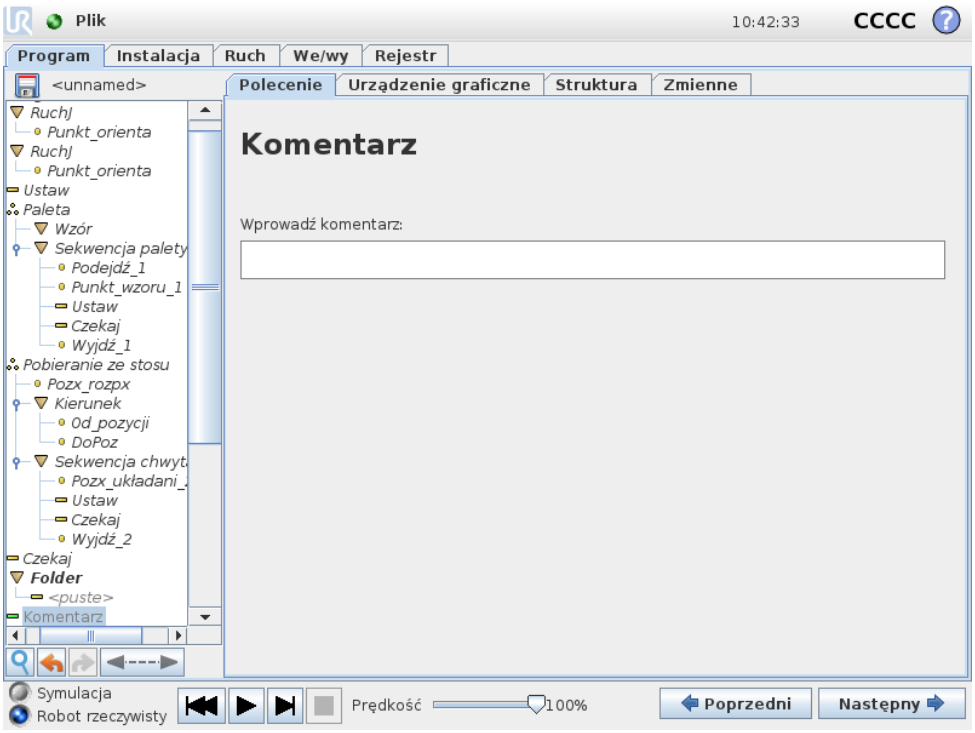
Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

14.12 Polecenie: Zatrzymaj



Wykonywanie programu zatrzymuje się w tym miejscu.

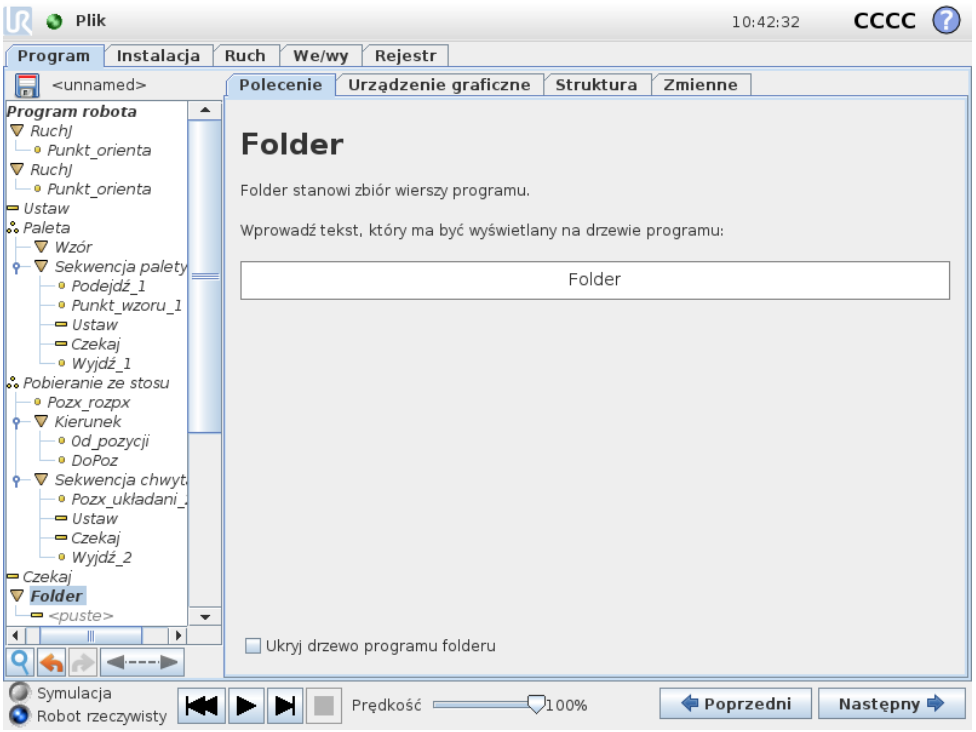
14.13 Polecenie: Komentarz



Daje programiście możliwość dodania wiersza tekstu do programu. Ten wiersz tekstu nie ma żadnego wpływu na wykonanie programu.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

14.14 Polecenie: Folder

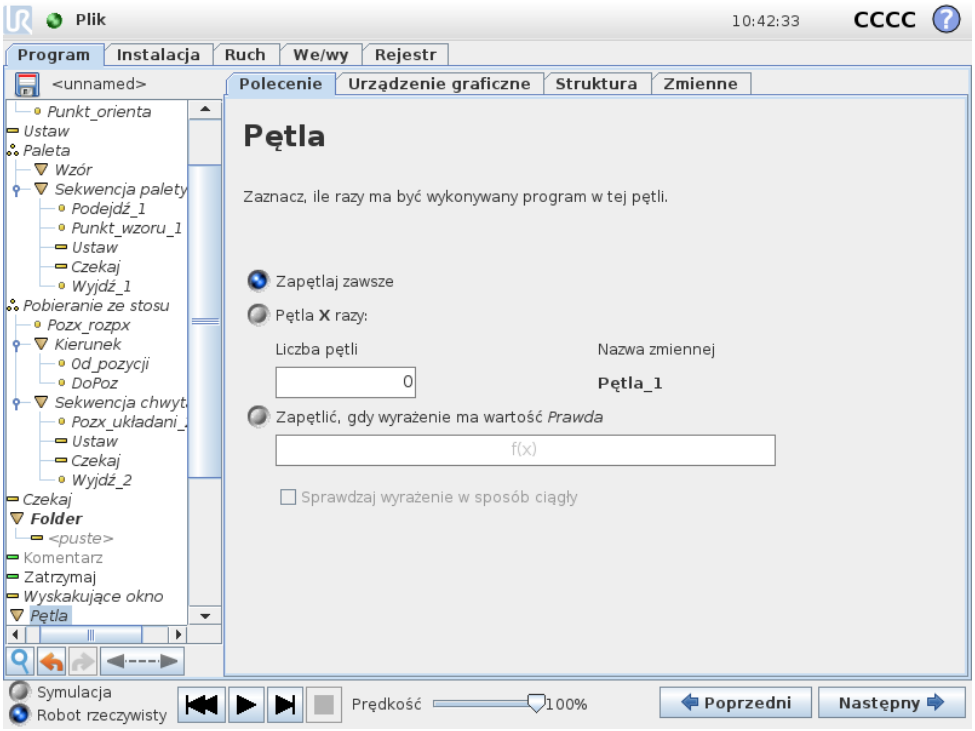


Folder służy do porządkowania i znakowania konkretnych części programu, do czyszczenia drzewa programu oraz zwiększania czytelności i upraszczania nawigacji programu.

Sam w sobie **folder** nic nie robi.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

14.15 Polecenie: Pętla

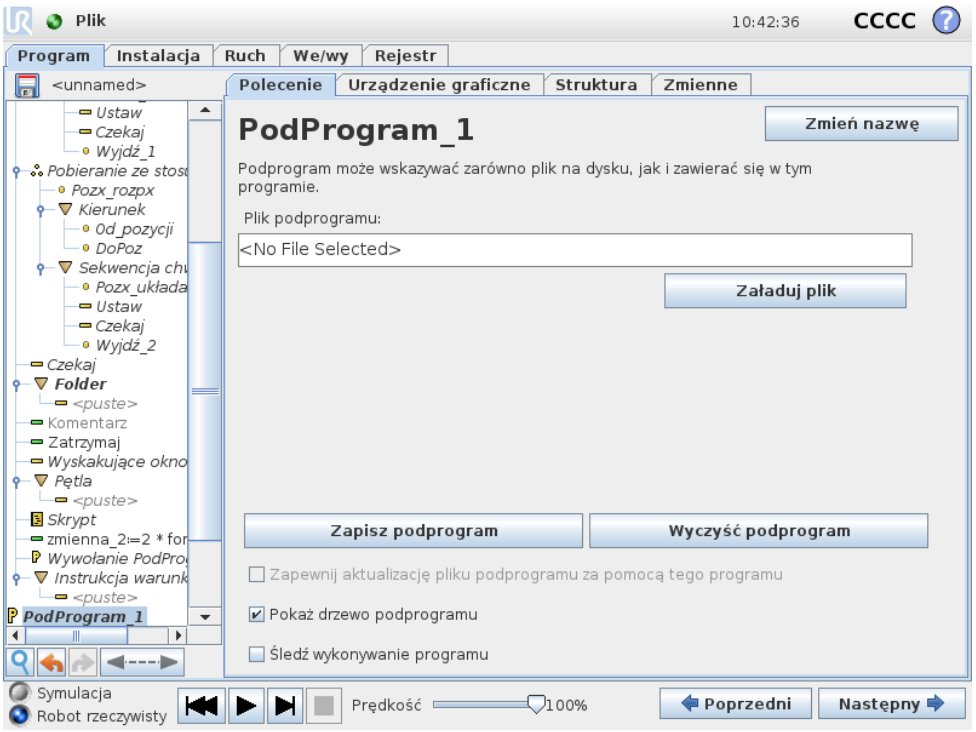


Zapętla wykonywanie zawartych w niej poleceń programu. W zależności od wybranej opcji zawarte w pętli polecenia programu są zapętlone w nieskończoność, wykonywane określoną liczbę razy albo dopóki podany warunek jest prawdziwy. W przypadku wykonywania pętli określoną liczbę razy jest tworzona dedykowana zmienna pętli (na zrzucie ekranu powyżej nazwana `pętla_1`), której można używać w wyrażeniach wewnątrz pętli. Zmienna pętli przybiera kolejne wartości od 0 do $N - 1$.

W przypadku wykonywania pętli z użyciem wyrażenia jako warunku zakończenia oprogramowanie PolyScope udostępnia opcję ciągłego szacowania tego wyrażenia, dzięki czemu wykonywanie „pętli” można przerwać w każdej chwili wykonania, nie czekając na zakończenie iteracji.

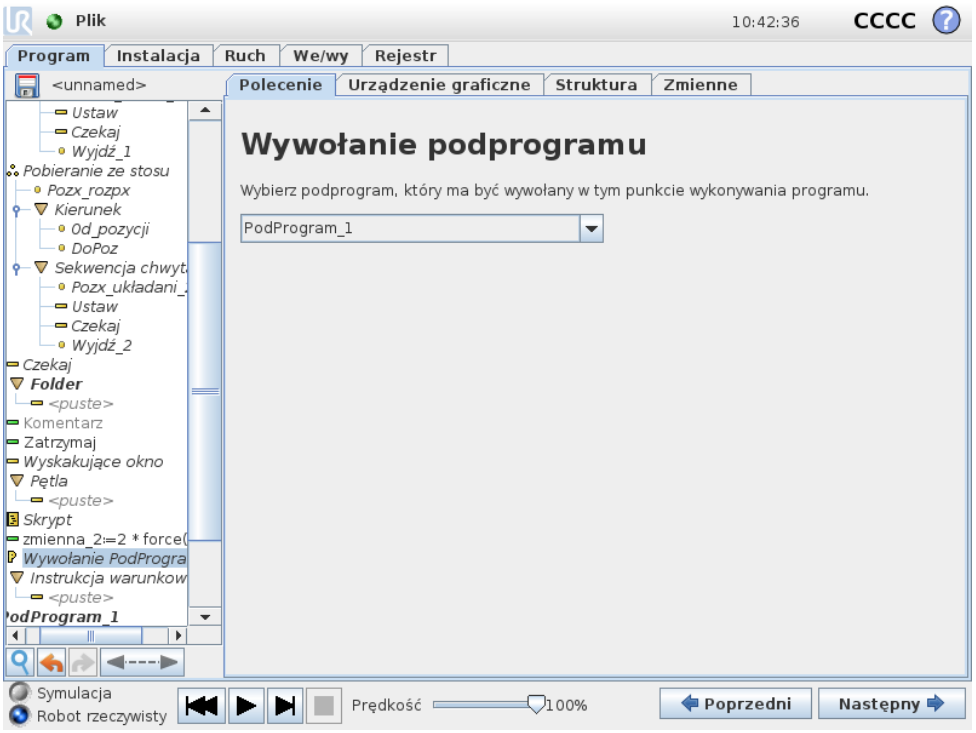
Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

14.16 Polecenie: PodProgram



Podprogram może przechowywać fragmenty programu potrzebne w kilku miejscach. Podprogram może być oddzielnym plikiem na dysku oraz może być ukryty w celu ochrony przed jego przypadkowymi zmianami.

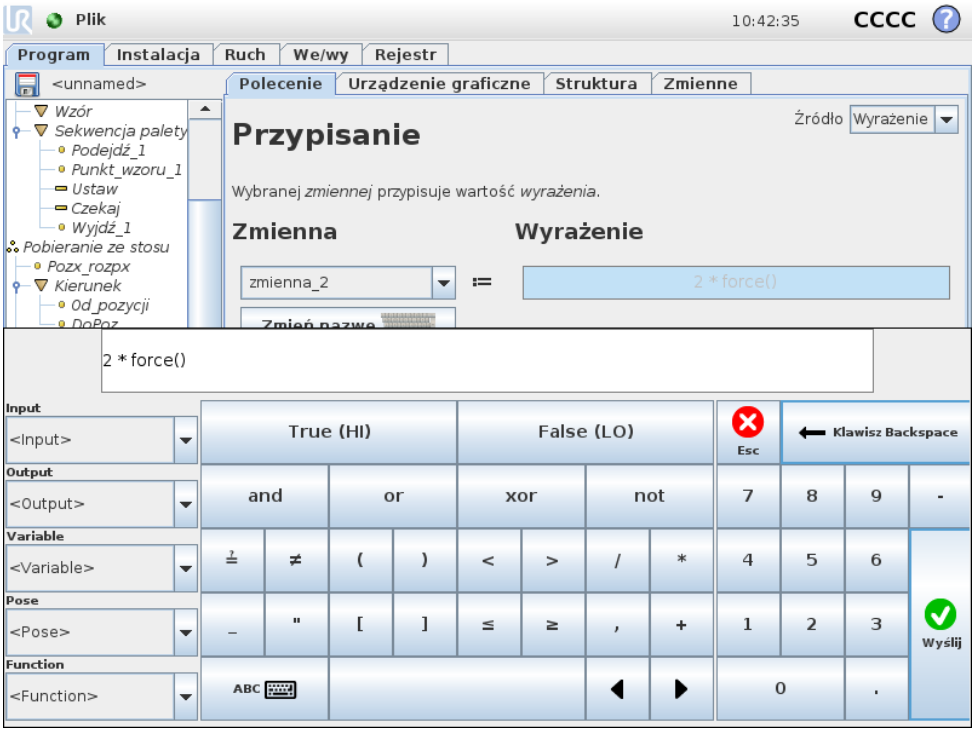
Polecenie: Wywołanie PodProgramu



Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Wywołanie podprogramu spowoduje wykonanie wierszy programu w podprogramie, a następnie powrót do następnego wiersza.

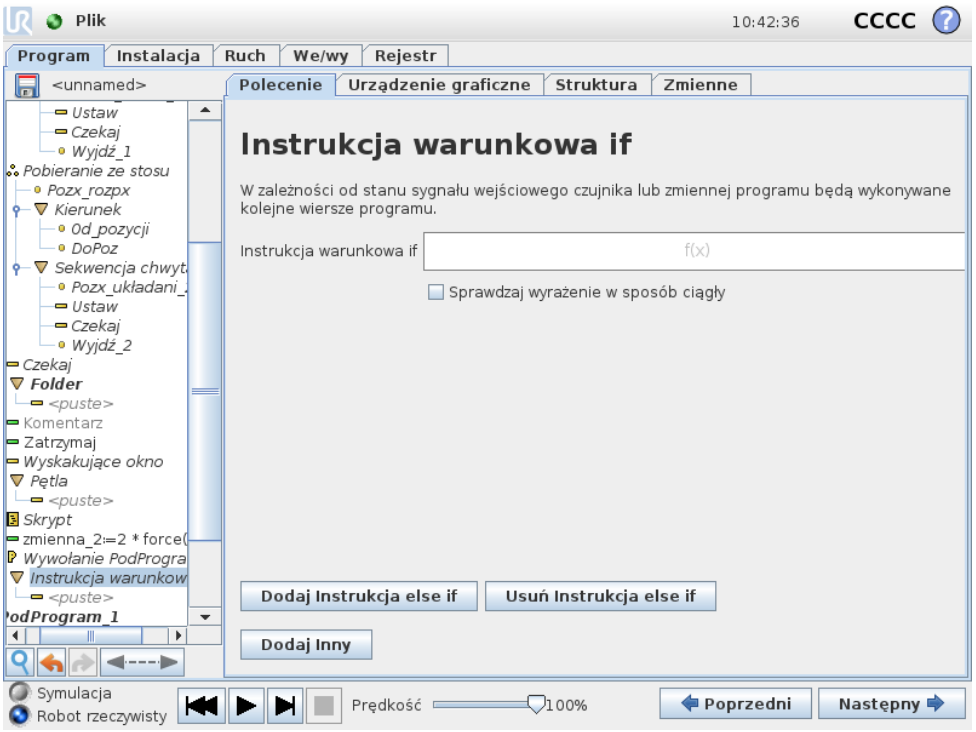
14.17 Polecenie: Przypisanie



Przypisuje wartości zmiennym. Przypisanie powoduje umieszczenie obliczonej wartości z prawej strony w zmiennej znajdującej się z lewej strony. Może to być przydatne w złożonych programach.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

14.18 Polecenie: Instrukcja warunkowa if



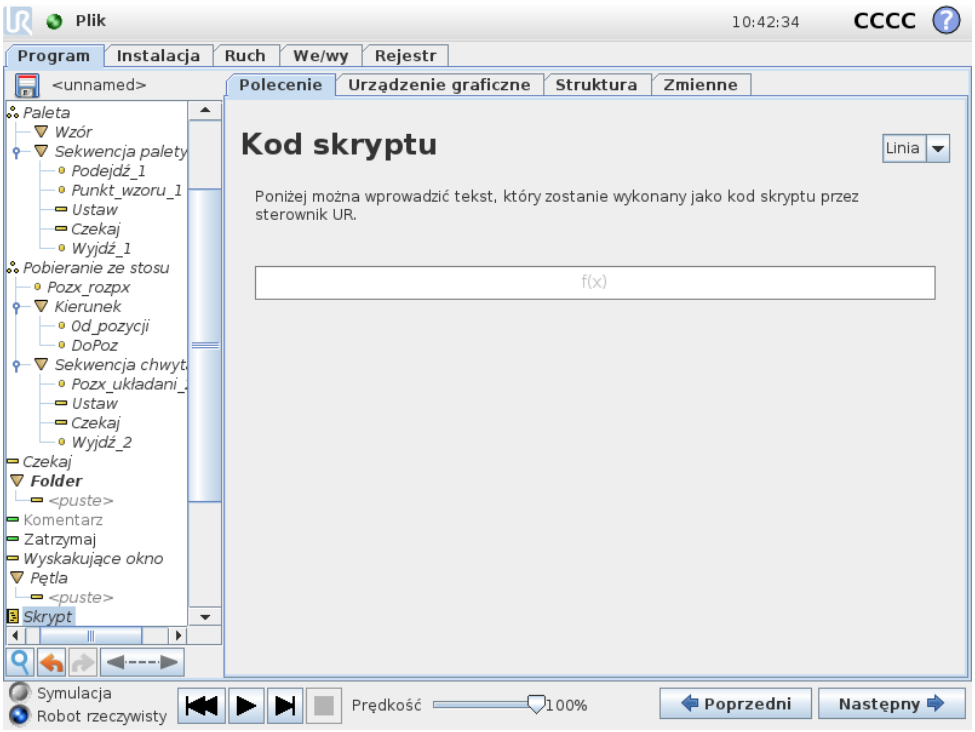
Konstrukcja **if...else** może zmienić zachowanie robota w zależności od wejść czujników lub wartości zmiennych. **Edytor wyrażeń** służy do opisania warunku, przy którym robot powinien przejść do poleceń podrzędnych tej instrukcji warunkowej **If**. Jeśli wartością warunku jest **Prawda**, zostaną wykonane wiersze wewnątrz tej instrukcji warunkowej **If**.

Każda instrukcja warunkowa **If** może mieć kilka instrukcji **ElseIf** i jedną instrukcję **Else**. Można je dodać za pomocą przycisków na ekranie. Instrukcję **ElseIf** można usunąć z ekranu dla tego polecenia.

Pole **Sprawdzaj wyrażenie w sposób ciągły** umożliwia ocenę warunków instrukcji **If** oraz **ElseIf**, kiedy wykonywane są zawarte w nich wiersze. Jeśli wyrażenie przybierze wartość *Fałsz* podczas wykonywania wierszy wewnątrz części warunkowej **If**, nastąpi przejście do kolejnego wyrażenia **ElseIf** lub **Else**.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

14.19 Polecenie: Skrypt

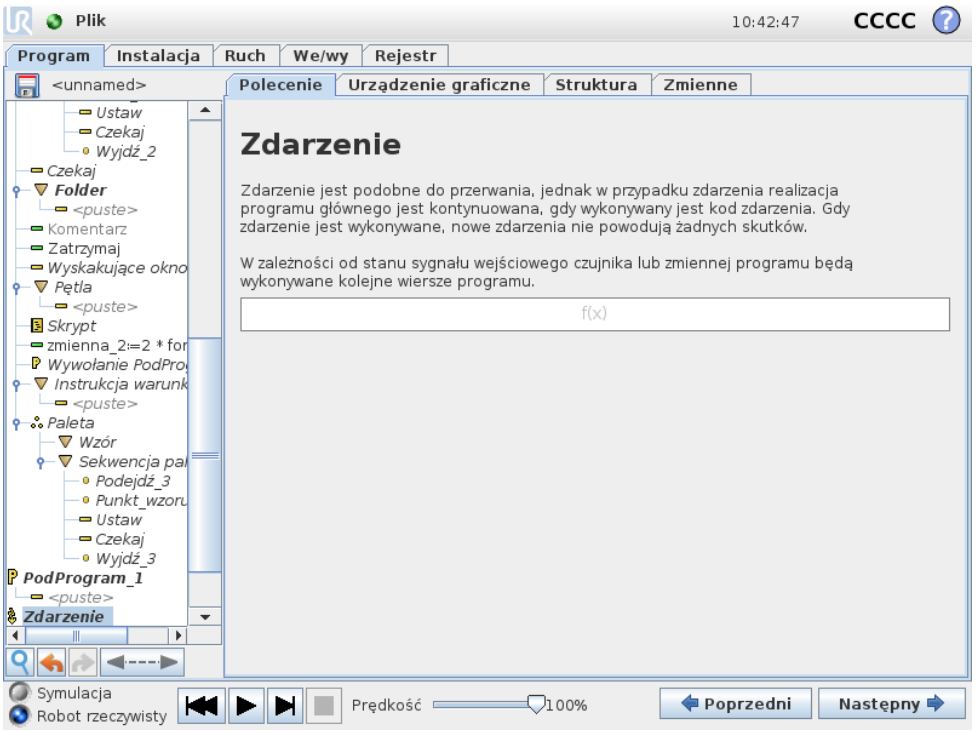


To polecenie umożliwia dostęp do wbudowanego języka skryptowego czasu rzeczywistego wykonywanego przez sterownik robota. Jest ono przeznaczone wyłącznie dla zaawansowanych użytkowników, a instrukcje jego używania można znaleźć w podręczniku skryptów na stronie wsparcia (`http://www.universal-robots.com/support`).

W przypadku wybrania w lewym górnym rogu opcji „Plik” można tworzyć i edytować pliki z programami w skryptach. W ten sposób długie i złożone programy skryptowe mogą być używane łącznie z przyjaznym dla operatora programowaniem pakietu PolyScope .

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

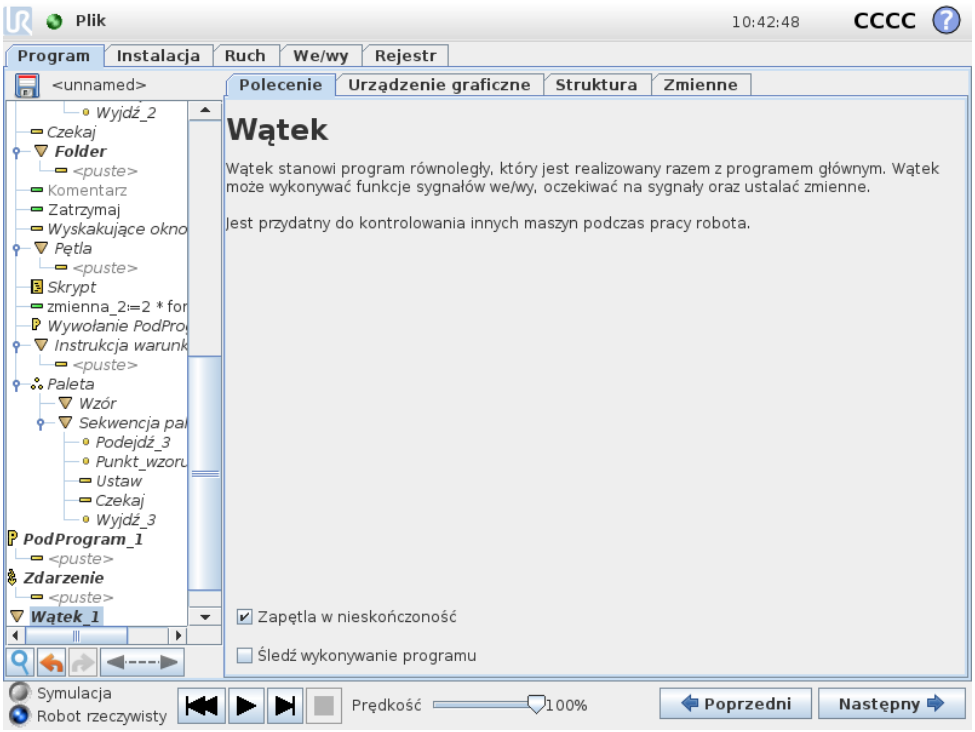
14.20 Polecenie: Zdarzenie



Zdarzenia można użyć do monitorowania sygnału wejściowego i wykonywania pewnego działania lub ustawienia zmiennej, gdy sygnał wejściowy osiąga poziom wysoki. Na przykład w razie osiągnięcia poziomu wysokiego przez sygnał wyjściowy program zdarzenia może odczekać 200 ms, po czym przywrócić niski poziom. Może to znacznie uprościć kod programu w przypadku, gdy jest wyzwalany z maszyny zewnętrznej w sposób narastający, a nie wysokim poziomem na wejściu. Zdarzenia są sprawdzane w każdym cyklu kontrolnym (8 ms).

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

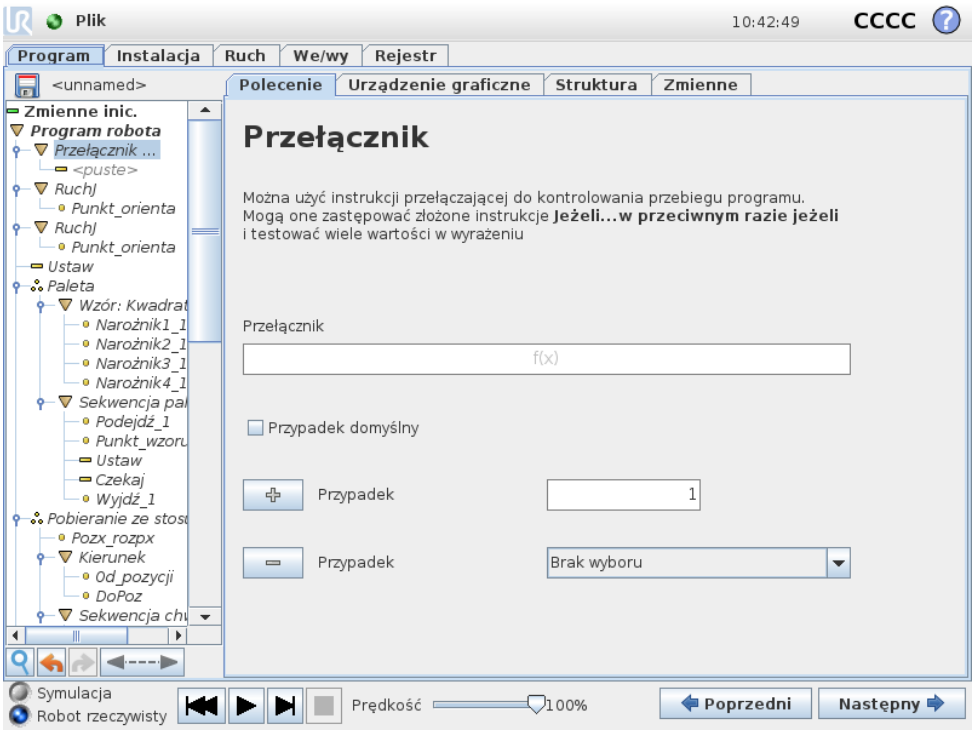
14.21 Polecenie: Wątek



Wątek jest procesem równoległym do programu robota. Wątek może służyć do kontrolowania maszyny zewnętrznej niezależnie od ramienia robota. Wątek może się komunikować z programem robota za pomocą zmiennych i sygnałów wyjściowych.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

14.22 Polecenie: Przełącznik

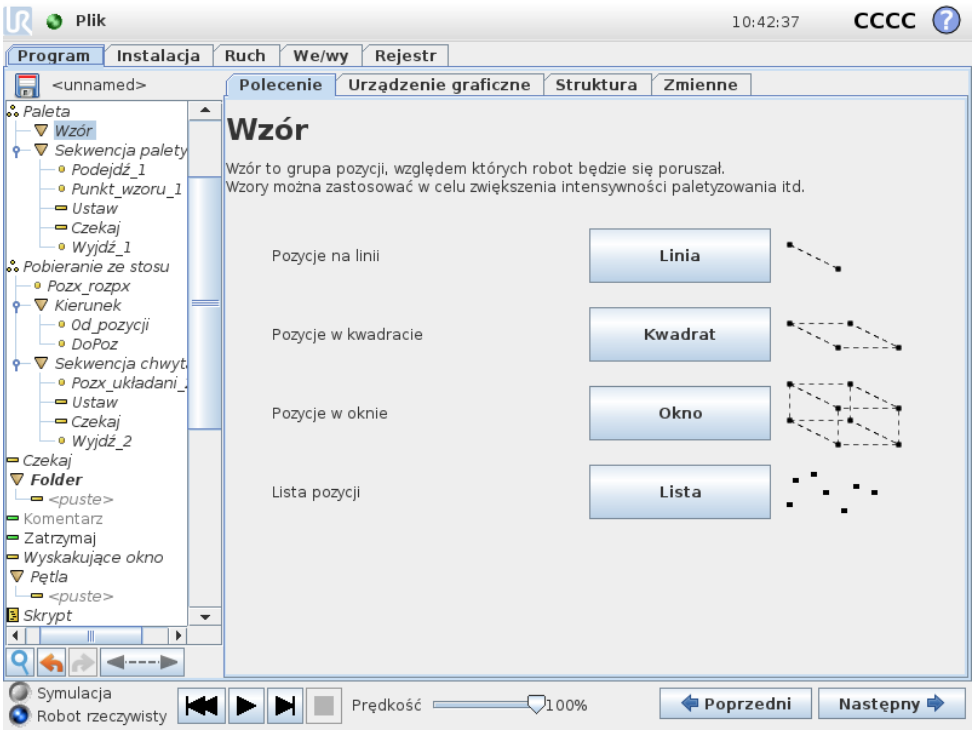


Konstrukcja **Switch Case** może zmienić zachowanie robota w zależności od wejść czujników lub wartości zmiennych. **Edytor wyrażeń** służy do opisania warunku podstawowego i zdefiniowania przypadków, przy których robot powinien przejść do poleceń podrzędnych danego `przełącznika`. Jeśli warunek zostanie oceniony jako pasujący do jednego z przypadków, wykonywane są linie wewnątrz segmentu `Case` (Przypadek). Jeśli określony zostanie `Default Case` (Przypadek domyślny), to linie będą wykonywane tylko wtedy, kiedy nie będzie żadnego innego pasującego przypadku.

Każde polecenie `Switch` (Przełącznik) może mieć kilka `Case` (Przypadków) i jeden `Default Case` (Przypadek domyślny). Polecenie `Switch` (Przełącznik) może mieć zdefiniowany tylko jeden egzemplarz dowolnej wartości `Case` (Przypadek). `Case` (Przypadki) można dodawać za pomocą przycisków na ekranie. Polecenie `Case` (Przypadek) można usunąć z ekranu dla tego przełącznika.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

14.23 Polecenie: Wzór



Polecenia **Wzór** można użyć do przechodzenia między pozycjami w programie robota. Polecenie **Wzór** odpowiada jednej pozycji podczas każdego wykonania.

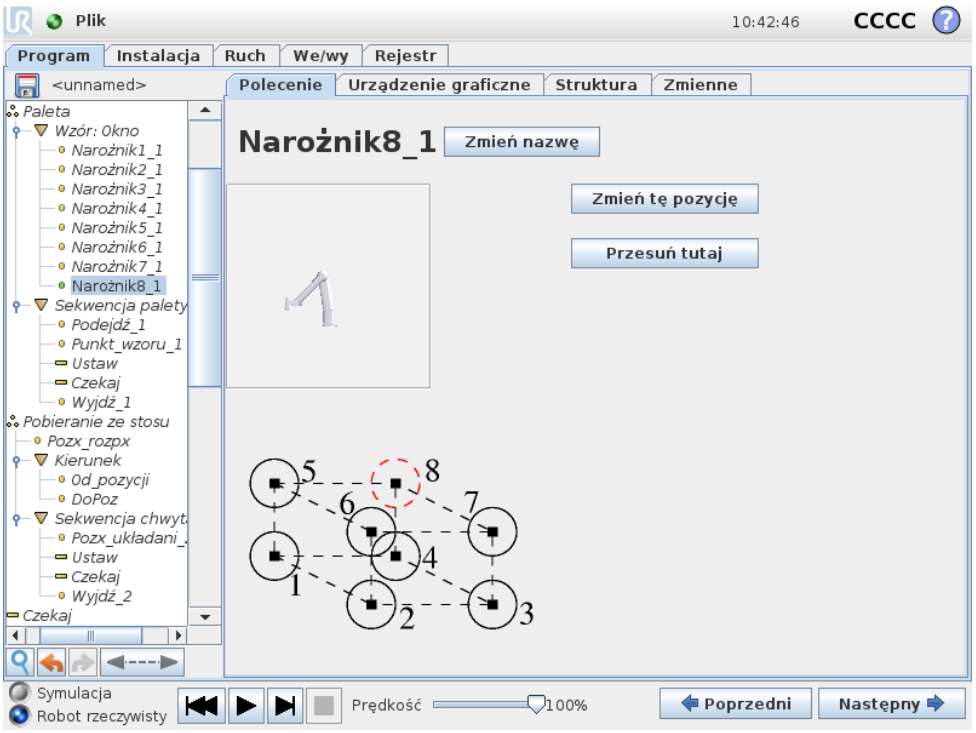
Wzór może należeć do jednego z czterech typów. Pierwsze trzy: **Linia**, **Kwadrat** lub **Okno** mogą zostać użyte w pozycjach w regularnym wzorcu. Regularne wzorce są definiowane przez liczbę punktów charakterystycznych, przy czym te punkty definiują krawędzie wzorca. W przypadku **linii** są to dwa punkty końcowe, dla **kwadratu** są to trzy z czterech punktów narożnych, zaś dla **okna** są to cztery z ośmiu punktów narożnych. Programista wprowadza liczbę pozycji wzdłuż każdej krawędzi wzorca. Sterownik robota oblicza następnie poszczególne pozycje wzorca, proporcjonalnie dodając wektory brzegowe do siebie.

Jeśli pozycja, przez którą należy przejść nie pasuje do regularnego wzoru, można wybrać opcję **Lista**, gdzie programista wprowadza listę wszystkich pozycji. W ten sposób można obsłużyć dowolne rozmieszczenie pozycji.

Definiowanie wzoru

W przypadku wybrania wzoru **Okno** ekran zmienia się na przedstawiony poniżej.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.



Do zdefiniowania boku okna we wzorze **Wzór** okna służą trzy wektory. Te trzy wektory są podawane jako cztery punkty, przy czym pierwszy wektor jest skierowany od punktu jeden do punktu dwa, drugi od punktu dwa do punktu trzy, zaś trzeci wektor od punktu trzy do punktu cztery. Każdy wektor jest podzielony na liczbę odstępów czasu. Konkretne położenie we wzorcu jest obliczane jako zwykłe proporcjonalne dodanie wektorów odstępów czasowych.

Opcje **Linia** oraz **Kwadrat** działają podobnie.

Zmienna licznika jest używana podczas przechodzenia między pozycjami wzoru. Nazwa zmiennej jest wyświetlana na ekranie polecenia **Wzór**. Zmienna przyjmuje kolejno wartości od 0 do $X * Y * Z - 1$, czyli liczby punktów we wzorze. Tą zmienną można manipulować za pomocą przypisań i można jej używać w wyrażeniach.

14.24 Polecenie: Siła

Tryb **Siła** w robocie zapewnia zgodność i wymusza oś z możliwością wyboru w przestrzeni roboczej robotów. Wszystkie ruchy ramienia robota w ramach polecenia **Siła** będą realizowane w trybie **Siła**. Gdy ramię robota porusza się w trybie **Siła**, można wybrać jedną lub więcej osi, w której jest zgodne. Ramię robota jest zgodne z otoczeniem wzdłuż osi zgodności. Oznacza to, że ramię robota automatycznie dostosuje swoją pozycję, aby uzyskać wybraną siłę. Można również sprawić, aby ramię robota samo zastosowało siłę w środowisku, np. do obsługiwanego elementu.

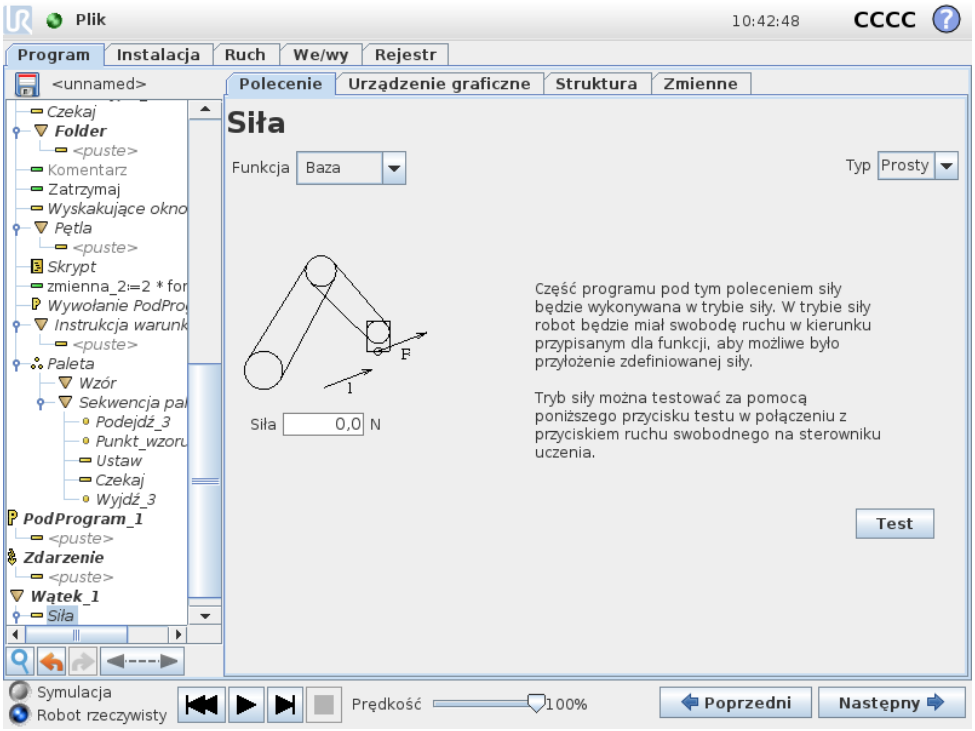
Tryb **Siła** jest przydatny w przypadku zastosowań, w których rzeczywista pozycja punktu TCP wzdłuż uprzednio zdefiniowanej osi nie jest istotna, ale zamiast tego wymagana jest odpowiednia siła wzdłuż tej osi. Na przykład, jeśli punkt TCP robota obraca się wzdłuż zakrzywionej powierzchni albo przy pchaniu lub ciągnięciu obsługiwanego elementu. Tryb **Siła** obsługuje również stosowanie określonych

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

momentów wokół wcześniej zdefiniowanych osi.
Uwaga: jeśli nie ma żadnych przeszkód na osi, na której ustawiona jest siła inna niż zero, ramię robota będzie próbowało przyspieszyć wzdłuż lub wokół tej osi.
Mimo że oś została wybrana jako zgodna, program robota nadal będzie próbował przemieszczać robota wzdłuż tej osi. Jednak sterowanie siłą zapewnia, że ramię robota nadal będzie zbliżać się do określonej siły.

OSTRZEŻENIE:

1. Należy unikać ostrego spowalniania zaraz przed uruchomieniem trybu siła.
2. Należy unikać przyspieszania w trybie siła, ponieważ obniża to dokładność sterowania siłą.
3. Należy unikać ruchów równoległych do osi zgodności przed uruchomieniem trybu siła.



Wybór funkcji

Menu **Funkcja** umożliwia wybór układu współrzędnych (osi), który będzie używany przez robota, gdy będzie on pracował w trybie Siła. Funkcje w menu to elementy, które zostały zdefiniowane w instalacji, `zob. 13.12).`

Typ trybu Siła

Występują cztery różne typy trybu Siła i każdy z nich określa sposób interpretacji wybranej funkcji.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

- **Prostota**: Tylko jedna oś będzie zgodna w trybie Siła. Siła wzdłuż tej osi jest regulowana. Wymagana siła zawsze będzie stosowana wzdłuż osi z wybranej funkcji. Jednak w przypadku funkcji linii odbywa się to wzdłuż ich osi y.
- **Rama**: Typ Rama jest przeznaczony do bardziej zaawansowanego użytku. Można tutaj niezależnie wybierać zgodność i siły we wszystkich sześciu stopniach swobody.
- **Punkt**: Gdy wybrany jest typ Punkt, rama zadania ma oś y skierowaną od punktu TCP robota w kierunku punktu charakterystycznego wybranej funkcji. Odległość pomiędzy punktem TCP robota a punktem wybranej funkcji musi wynosić przynajmniej 10 mm. Należy zwrócić uwagę, że rama zadania zmienia się w czasie wykonywania, ponieważ zmienia się pozycja punktu TCP robota. Osie x i z ramy zadania zależą od oryginalnej orientacji wybranej funkcji.
- **Ruch**: Ruch oznacza, że rama zadania zmienia się wraz z kierunkiem ruchu TCP. Oś x ramy zadania będzie rzutem kierunku ruchu punktu TCP na płaszczyznę rozciągającą się między osią x i osią y wybranej funkcji. Oś y będzie prostopadła do ruchu ramienia robota i będzie w płaszczyźnie x-y wybranej funkcji. Może to być przydatne przy gratowaniu wzdłuż złożonych ścieżek, gdzie siła musi być prostopadła do ruchu TCP.
  Uwaga, gdy się nie porusza: Jeśli tryb Siła zostanie uruchomiony przy nieruchomym ramieniu robota, nie będzie żadnych osi zgodności, dopóki prędkość punktu TCP nie wzrośnie powyżej zera. Jeśli później ramię robota zostanie ponownie unieruchomione ciągle w trybie Siła, rama zadania będzie miała taką samą orientację jak ostatnim razem, gdy prędkość punktu TCP była większa od zera.

W przypadku trzech ostatnich typów rzeczywista rama zadania może być wyświetlona na karcie grafiki (patrz: 14.29) w czasie wykonywania, gdy robot pracuje w trybie Siła.

Wybór wartości siły

- Siłę lub wartość momentu obrotowego dla osi zgodności można ustawić, a ramię robota odpowiednio dostosowuje swoją pozycję, aby osiągnąć wybraną siłę.
- W osiach niezgodnych ramię robota porusza się po trajektorii ustawionej w programie.

W przypadku parametrów liniowych siła jest podana w niutonach [N], a w przypadku parametrów obrotowych moment jest podany w niutonometrach [Nm].

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

UWAGA:
Należy wykonać następujące kroki:

- Zastosować funkcję skryptu `siłę_tcp_()` w osobnym wątku, aby odczytać rzeczywistą siłę oraz moment obrotowy.
- Poprawić wektor skrętu, jeśli rzeczywista wartość siły i/lub momentu obrotowego jest niższa niż ustawiono.

Wybór limitów

W przypadku wszystkich osi można ustawić limit, ale ma to różne znaczenie, w zależności od tego, czy oś jest zgodna czy niezgodna.

- **Zgodny**: Limitem jest maksymalna prędkość, jaką punkt TCP może uzyskać wzdłuż lub wokół osi. Jednostki to [mm/s] i [stopnie/s].
- **Niezgodny**: Limitem jest maksymalne odchylenie od trajektorii programu, jakie jest dopuszczalne, zanim nastąpi zatrzymanie ochronne robota. Jednostki to [mm] i [stopnie].

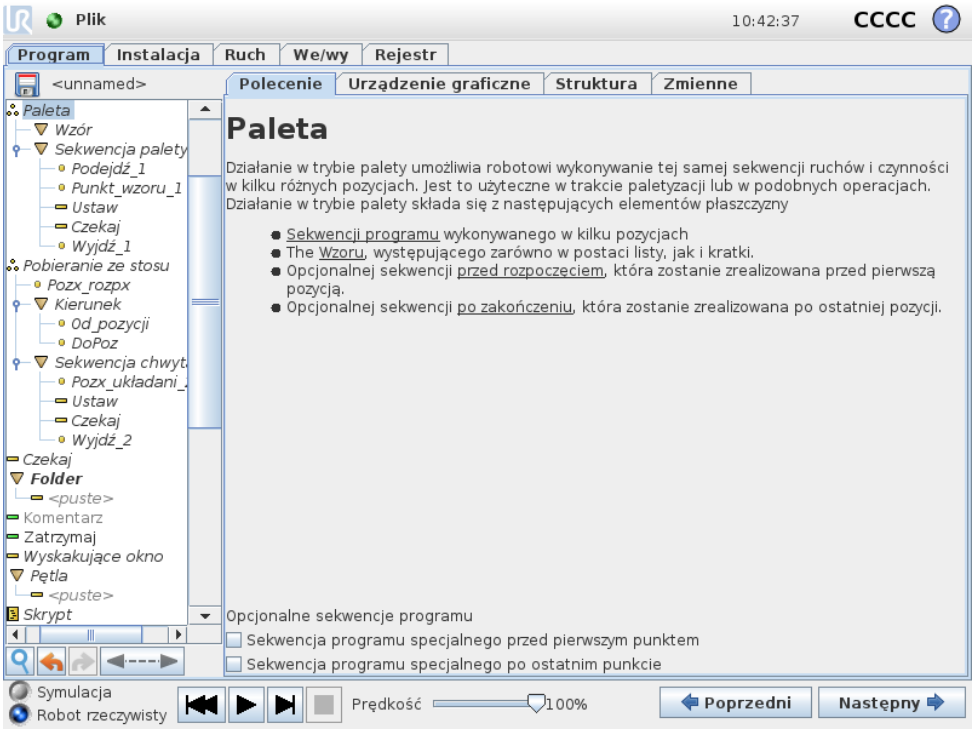
Testuj ustawienia siły

Przycisk wł./wył. z oznaczeniem **Test** przełącza zachowanie przycisku **ruchu swobodnego** z tyłu sterownika uczenia z normalnego trybu ruchu swobodnego na testowanie polecenia siłowego.

Gdy przycisk **Test** jest włączony i zostanie naciśnięty przycisk **ruchu swobodnego** z tyłu sterownika uczenia, robot wykona działanie, jakby program osiągnął to polecenie siłowe. W ten sposób można zweryfikować ustawienia przed uruchomieniem całego programu. Ta możliwość jest szczególnie przydatna do sprawdzania, czy zgodne osie oraz siły zostały wybrane prawidłowo. Wystarczy przytrzymać jedną ręką punkt TCP robota i nacisnąć przycisk **ruchu swobodnego** drugą ręką. Należy obserwować, w którą stronę robot może lub nie może być przesuwany. Po zamknięciu tego ekranu przycisk Test automatycznie wyłącza się, co oznacza, że przycisk **ruchu swobodnego** z tyłu sterownika uczenia ponownie znajduje się w zwykłym trybie **ruchu** swobodnego.
Uwaga: Przycisk **ruchu swobodnego** będzie działał tylko wtedy, gdy zostanie wybrana prawidłowa funkcja dla polecenia Siła.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

14.25 Polecenie: Paleta



Operacja palety może wykonać szereg ruchów w zbiorze miejsc podanym jako wzorzec, (zob. 14.23). W każdym położeniu w ramach wzorca zostanie wykonana sekwencja ruchów względem pozycji wzorca.

Programowanie operacji Paleta

Należy wykonać następujące kroki:

1. Zdefiniować wzorzec.
2. Utworzyć **sekwencję palety** do pobierania i umieszczania w każdym oddzielnym punkcie. Sekwencja opisuje, co należy zrobić w każdej pozycji wzorca.
3. Za pomocą przełącznika na ekranie polecenia sekwencji należy zdefiniować punkty orientacyjne w sekwencji, które powinny odpowiadać pozycjom wzorca.

Sekwencja palety/Sekwencja kotwiczenia

W węźle **Sekwencja palety** ruchy ramienia robota są względne w stosunku do pozycji palety. Zachowanie sekwencji jest takie, że ramię robota znajdzie się w pozycji określonej przez wzorzec w opcji **Pozycja zakotwiczenia/punkt wzorca**. Pozostałe pozycje zostaną przesunięte, aby je dopasować.

Polecenia **Ruch** nie należy używać wewnątrz sekwencji, ponieważ nie będzie ono względne do pozycji zakotwiczenia.

„Przed uruchomieniem”

Opcjonalna sekwencja **Przed uruchomieniem** jest wykonywana przed samym rozpoczęciem operacji. Można jej użyć do czekania na sygnały gotowości.

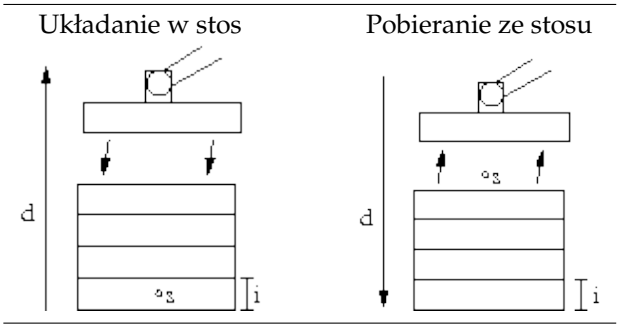
Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

„Po zakończeniu”

Opcjonalna sekwencja **Po zakończeniu** jest wykonywana po zakończeniu operacji. Może ona służyć do sygnalizacji uruchomienia ruchu przenośnika w celu przygotowania się do następnej palety.

14.26 Polecenie: Wyszukaj

Funkcja wyszukiwania używa czujnika do określenia, czy została osiągnięta poprawna pozycja do uchwycenia lub upuszczenia elementu. Czujnikiem może być przycisk, czujnik ciśnieniowy lub pojemnościowy. Ta funkcja jest przeznaczona do pracy ze stosami elementów o różnej grubości lub w sytuacji, gdy nie jest znane dokładne położenie elementów lub zbyt trudno je zaprogramować.

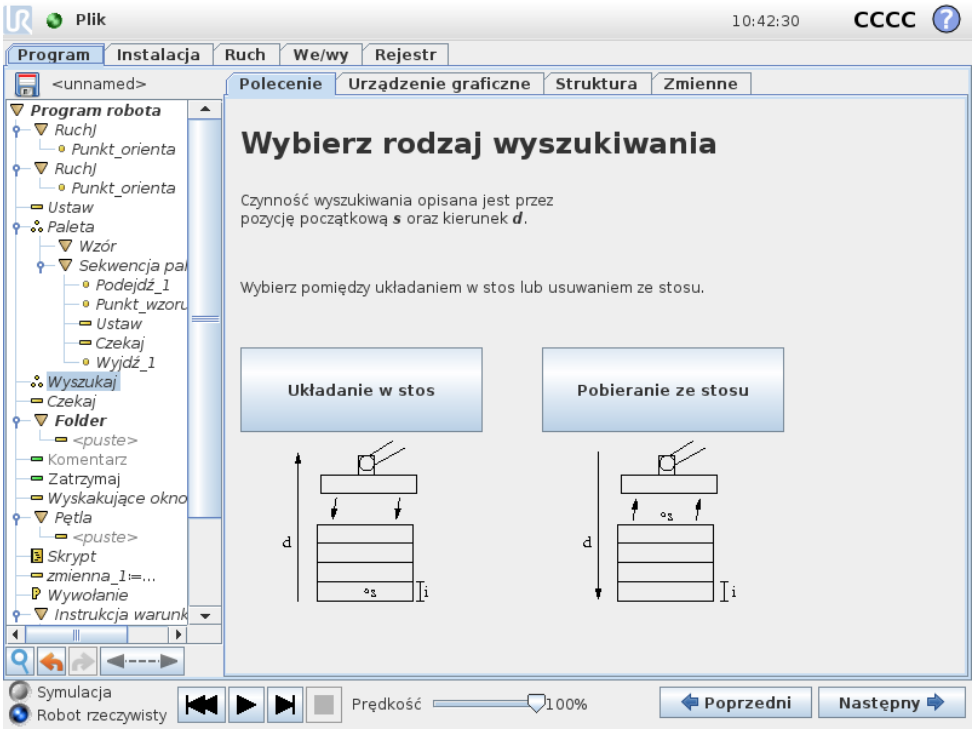


Podczas programowania operacji wyszukiwania do pracy ze stosem należy zdefiniować punkt początkowy *s*, kierunek stosu *d* i grubość elementów na stosie *i*.

Ponadto należy zdefiniować warunek na wypadek osiągnięcia następnej pozycji w stosie oraz specjalną sekwencję programową, która będzie wykonywana dla każdej z pozycji stosu. Dodatkowo należy podać szybkość i przyspieszenie dla ruchów objętych operacją na stosie.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

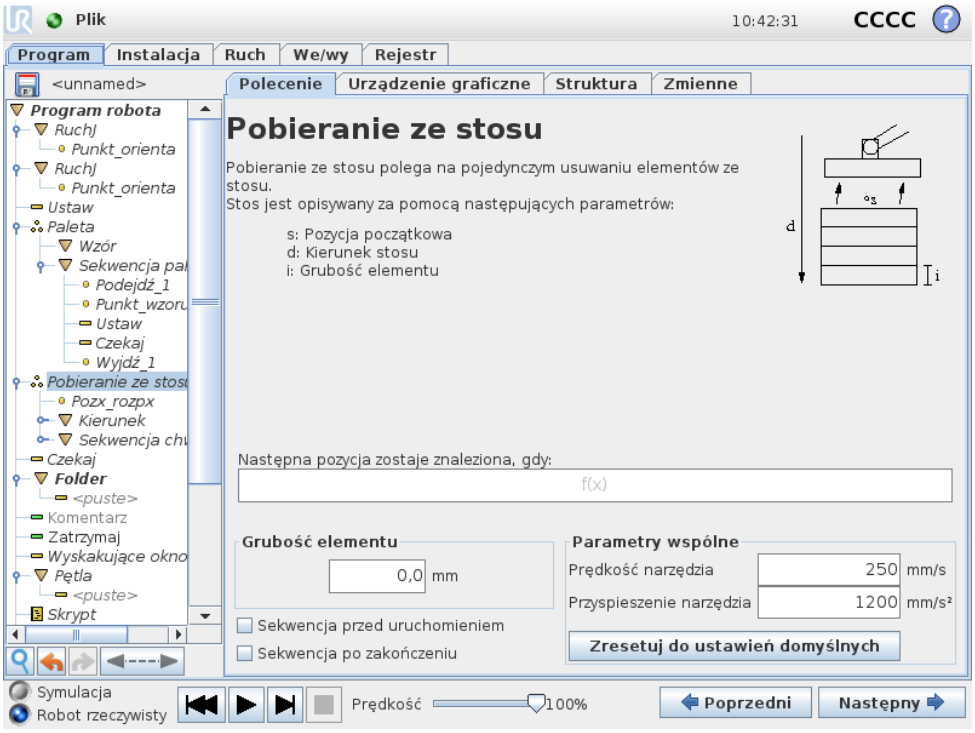
Układanie w stos



Podczas układania w stos ramię robota przemieszcza się do punktu początkowego, a następnie porusza się w kierunku *przeciwnym* w celu wyszukania następnej pozycji stosu. Po jego znalezieniu robot zapamiętuje tę pozycję i wykonuje sekwencję specjalną. Następnym razem robot rozpoczyna szukanie od zapamiętanej pozycji powiększonej o grubość elementu w danym kierunku. Układanie w stos jest zakończone, gdy wysokość stosu jest większa niż pewna zdefiniowana liczba lub gdy czujnik wyśle sygnał.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Pobieranie ze stosu



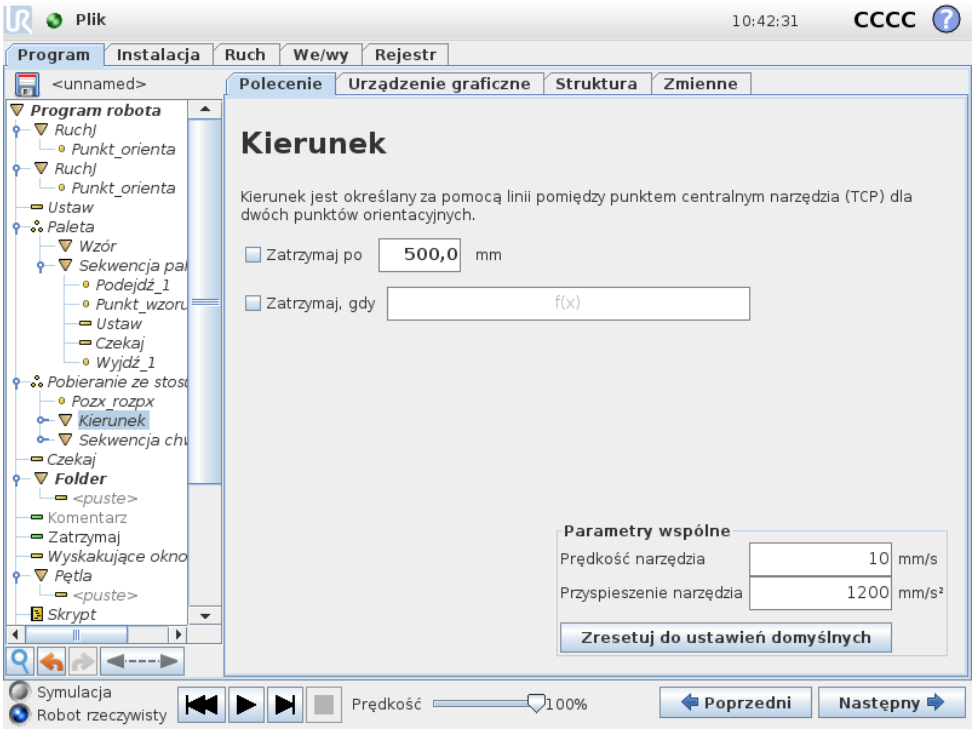
Podczas pobierania ze stosu ramię robota przemieszcza się od punktu początkowego w zadanym kierunku w celu wyszukania następnego elementu. Dotarcie do kolejnego elementu jest określane na podstawie warunku na ekranie. Kiedy warunek zostaje spełniony, robot zapamiętuje pozycję i wykonuje sekwencję specjalną. Następnym razem robot rozpoczyna szukanie od zapamiętanej pozycji powiększonej o grubość elementu w danym kierunku.

Pozycja początkowa

Pozycja początkowa to pozycja, gdzie rozpoczyna się operacja na stosie. Jeśli pozycja początkowa zostanie pominięta, stos zaczyna się w bieżącej pozycji ramienia robota.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Kierunek



Kierunek jest określany przez dwie pozycje i jest obliczany jako różnica pozycji między TCP pierwszej pozycją i TCP drugiej pozycji.
Uwaga: Kierunek nie uwzględnia orientacji punktów.

Wyrażenie następnej pozycji układania w stos

Ramię robota porusza się wzdłuż wektora kierunku, ciągle oceniając, czy została osiągnięta następna pozycja stosu. Jeśli wartością wyrażenia będzie `Prawda`, zostanie wykonana sekwencja specjalna.

„Przed uruchomieniem”

Opcjonalna sekwencja `Przed uruchomieniem` jest wykonywana przed samym rozpoczęciem operacji. Można jej użyć do czekania na sygnały gotowości.

„Po zakończeniu”

Opcjonalna sekwencja `Po zakończeniu` jest wykonywana po zakończeniu operacji. Może ona służyć do sygnalizacji uruchomienia ruchu przenośnika w celu przygotowania się do następnego stosu.

Sekwencja pobierania/umieszczania

Analogicznie do operacji Paleta (14.25) w każdej pozycji stosu jest wykonywana specjalna sekwencja programu.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

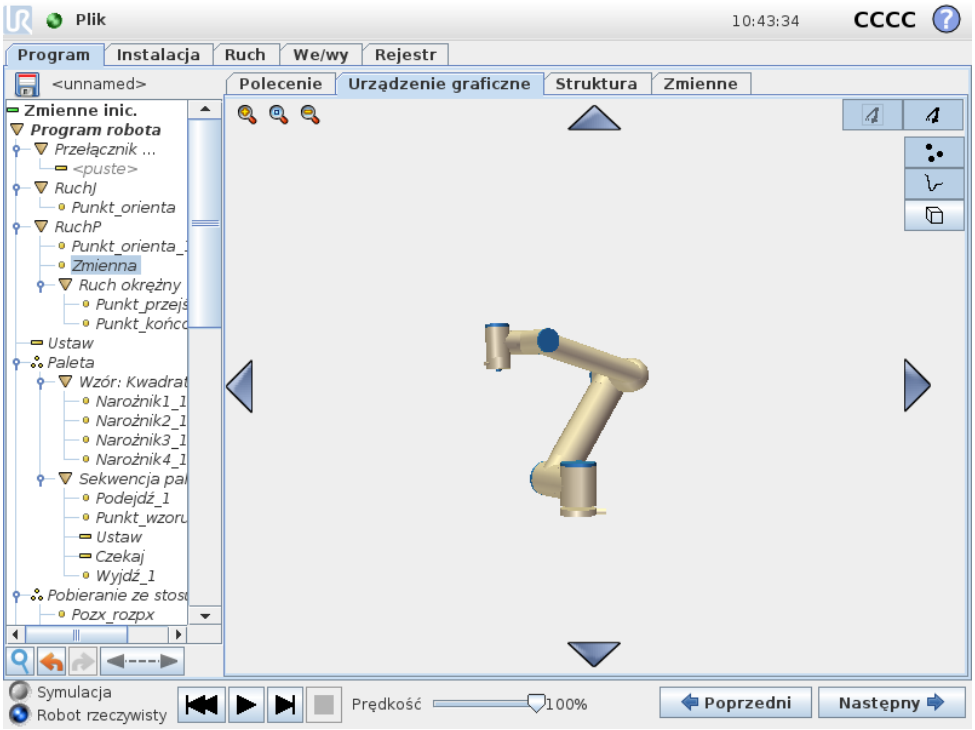
14.27 Polecenie: Śledzenie przenośnika

Przy stosowaniu przenośnika można tak skonfigurować robota, aby śledził jego ruch. Jeśli funkcja **Śledzenie przenośnika** została skonfigurowana prawidłowo w instalacji, robot dostosowuje swój ruch tak, aby podążać za przenośnikiem. Węzeł programu **Śledzenie przenośnika** jest dostępny z poziomu karty **Kreatory** na karcie `Struktura`. Podczas śledzenia przenośnika w ramach tego węzła dopuszczalne są wszystkie ruchy, lecz są one wykonywane względem ruchu pasa przenośnika. Konfiguracja **Śledzenie przenośnika** na karcie **Instalacja** `(zob. sekcję 13.13)` zapewnia opcje konfigurowania robota w taki sposób, aby współpracował z bezwzględnymi i przyrostowymi koderami, a także liniowymi i kołowymi przenośnikami.

14.28 Polecenie: Zablokuj

Zablokowane wiersze programu są po prostu pomijane podczas wykonywania programu. Zablokowany wiersz można ponownie odblokować później. Jest to szybki sposób wprowadzania zmian w programie bez niszczenia oryginalnej zawartości.

14.29 Karta Urządzenie graficzne



Graficzne przedstawienie aktualnego programu robota. Tor punktu centralnego narzędzia (TCP) jest pokazany w widoku 3D, z segmentami ruchu pokazanymi na czarno i segmentami mieszanymi (przejściami pomiędzy segmentami ruchu) na zielono. Zielone punkty podają pozycje punktu centralnego narzędzia dla każdego z punktów orientacyjnych w programie. Rysunek 3D ramienia robota pokazuje jego

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

aktualną pozycję, a *cień* pokazuje, w jaki sposób osiągnie ono punkt orientacyjny wybrany po lewej stronie ekranu.

Jeśli bieżąca pozycja punktu TCP robota zbliży się do płaszczyzny bezpieczeństwa lub wyzwalania albo orientacja narzędzia robota jest w pobliżu granicy limitu orientacji (zob. 10.12), wyświetlany jest model 3D pobliskiego limitu granicznego.
Należy pamiętać, że kiedy robot wykonuje program, wizualizacja limitów granicznych jest wyłączona.

Płaszczyzny bezpieczeństwa są przedstawiane w kolorach żółtym i czarnym z małą strzałką normalną do płaszczyzny, która wskazuje tę stronę, po której dozwolone jest pozycjonowanie punktu TCP. Płaszczyzny wyzwalania są przedstawiane w kolorach niebieskim i zielonym z małą strzałką, która wskazuje tę stronę płaszczyzny, po której aktywne są limity **trybu**normalnegotrybu normalnego (zob. 10.6). Limit graniczny orientacji narzędzia jest wizualizowany przez sferyczny stożek oraz wektor określający bieżącą orientację narzędzia robota. Wnętrze stożka odpowiada polu dopuszczalnemu dla orientacji narzędzia (wektora).

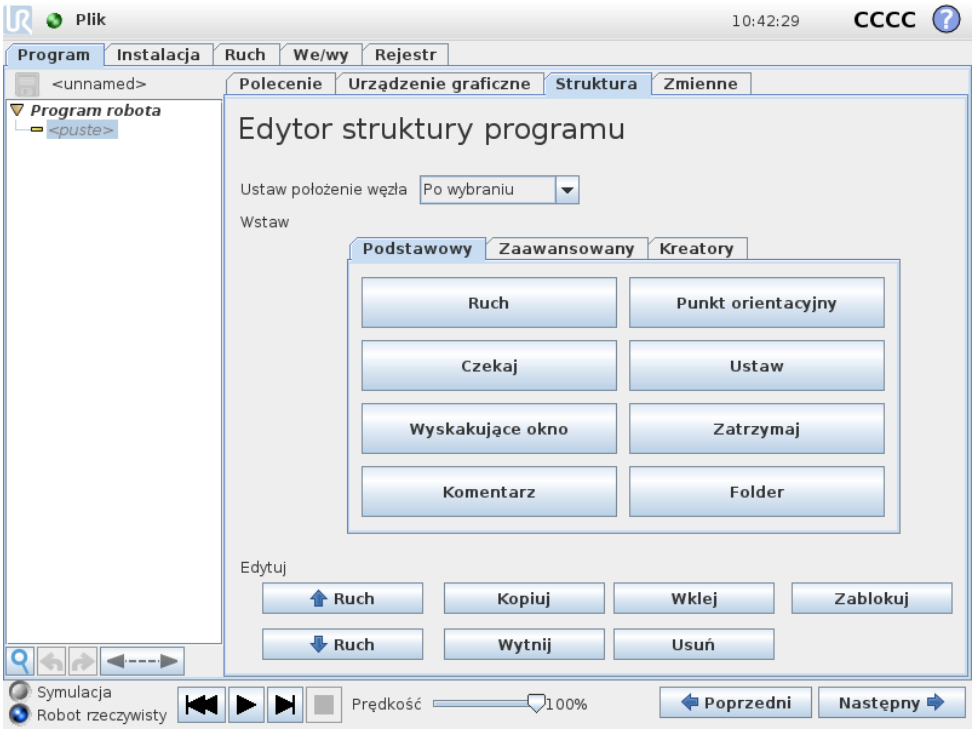
Kiedy docelowy punkt TCP robota nie jest już w pobliżu limitu, przedstawienie 3D nie jest już wyświetlane. Jeśli punkt TCP narusza lub bardzo zbliża się do limitu granicznego, wizualizacja tego limitu zmienia kolor na czerwony.

Widok 3D można powiększać i obracać, aby móc lepiej widzieć ramię robota. Przyciski w prawym górnym rogu ekranu mogą wyłączać różne elementy graficzne w widoku 3D. Dolny przycisk włącza i wyłącza wizualizację pobliskich limitów granicznych.

Pokazane segmenty ruchu zależą od wybranego węzła programu. Jeśli wybrano węzeł Ruch, to wyświetlana ścieżka jest ruchem zdefiniowanym przez ten ruch. Jeśli wybrano węzeł **Punkt orientacyjny**, to ekran przedstawia kolejnych $\sim$ 10 kroków ruchu.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

14.30 Karta struktury



Karta struktury programu umożliwia wstawianie, przenoszenie, kopiowanie i usuwanie różnych rodzajów poleceń.

Aby wstawić nowe polecenia, należy wykonać czynności:

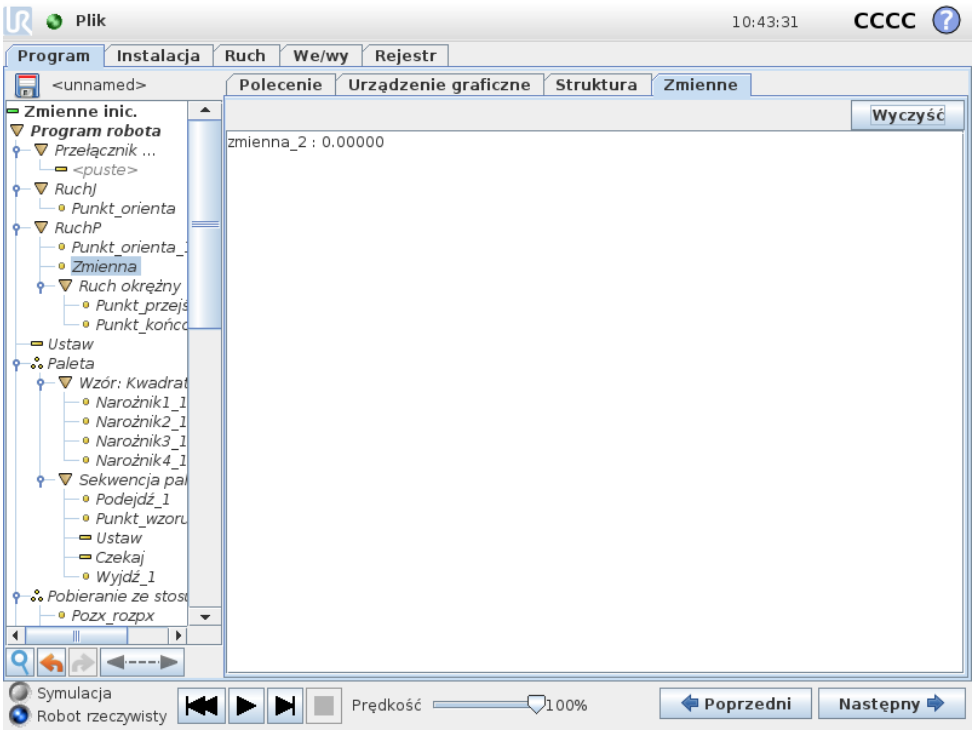
1) Wybrać istniejące polecenie programu.
2) Wybrać, czy nowe polecenie należy wstawić ponad czy pod wybranym poleceniem.
3) Nacisnąć przycisk rodzaju polecenia, jakie ma być wstawione. W celu zmiany szczegółów nowego polecenia, przejdź do karty `Polecenie`.

Polecenia można przesuwać, klonować i usuwać za pomocą przycisków w ramce edycji. Jeśli polecenie ma polecenia podległe (pokazane przez trójkąt obok polecenia), to wszystkie one są również przesuwane, klonowane lub usuwane.

Nie wszystkie polecenia pasują do wszystkich miejsc w programie. `Punkty orientacyjne` muszą znajdować się pod poleceniem Ruch (niekoniecznie bezpośrednio pod). Polecenia `ElseIf` oraz `Else` muszą znajdować się za poleceniem `If`. Zwykle przenoszenie poleceń `ElseIf` może prowadzić do bałaganu. Zanim będzie można wykorzystać zmienne, konieczne jest przypisanie im wartości.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

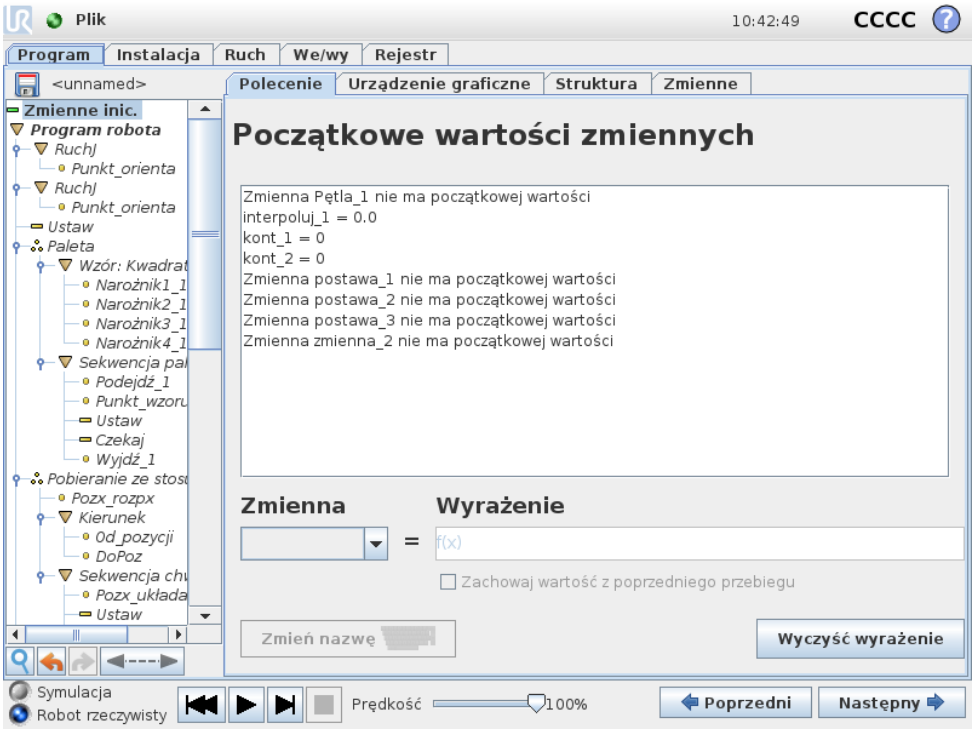
14.31 Karta zmiennych



Karta **zmiennych** pokazuje aktualne wartości zmiennych w pracującym programie i utrzymuje listę zmiennych oraz wartości pomiędzy przebiegami programu. Karta pojawia się tylko wtedy, kiedy ma informacje do wyświetlenia. Zmienne są uporządkowane alfabetycznie według nazw. Nazwy zmiennych na tym ekranie są przedstawione z maks. 50 znakami, a wartości zmiennych są przedstawione z maks. 500 znakami.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

14.32 Polecenie: Inicjalizacja zmiennych



Ten ekran umożliwia ustawianie wartości zmiennej przed rozpoczęciem wykonywania programu (i wszelkich wątków).

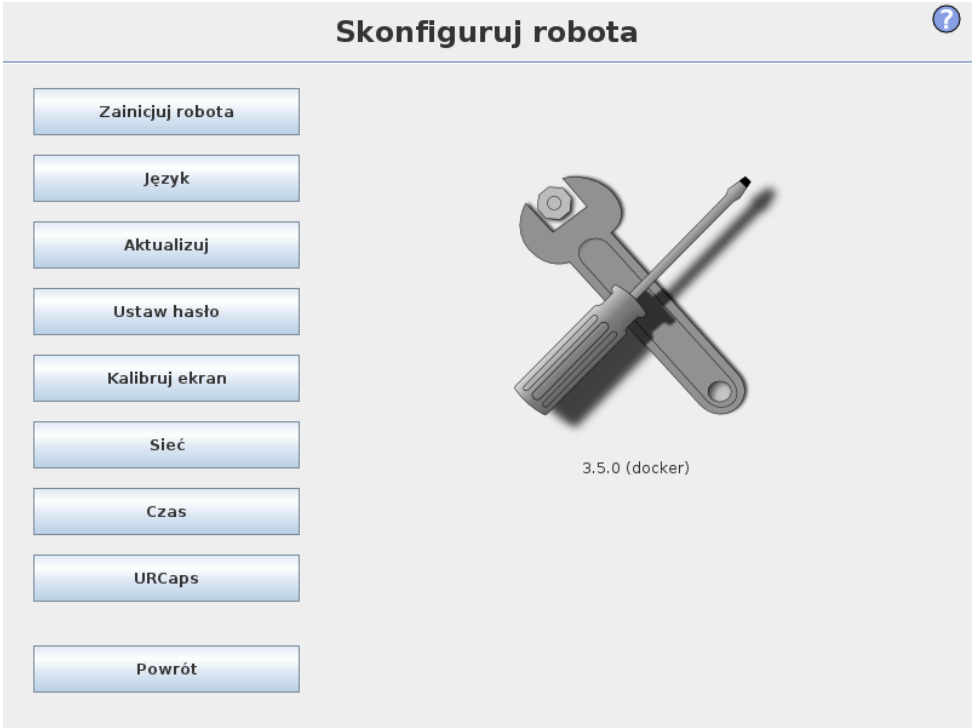
Zmienną z listy zmiennych można wybrać, klikając ją lub korzystając z pola wyboru zmiennej. Dla wybranej zmiennej można wprowadzić wyrażenie, które będzie używane do ustawiania wartości zmiennej podczas uruchamiania programu.

W przypadku zaznaczenia pola wyboru „Preferuje zachowanie wartości z ostatniego przebiegu” zmienna zostanie zainicjalizowana do wartości znajdującej się na karcie `Zmienne` opisanej w p. 14.31. To pozwala na zachowanie w zmiennych ich wartości między kolejnymi wykonaniami programu. Zmienna uzyska wartość z wyrażenia, jeśli program zostanie uruchomiony po raz pierwszy lub jeśli karta wartości zostanie wyczyszczona.

Zmienną można usunąć z programu, ustawiając jej nazwę jako pustą (same spacje).

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

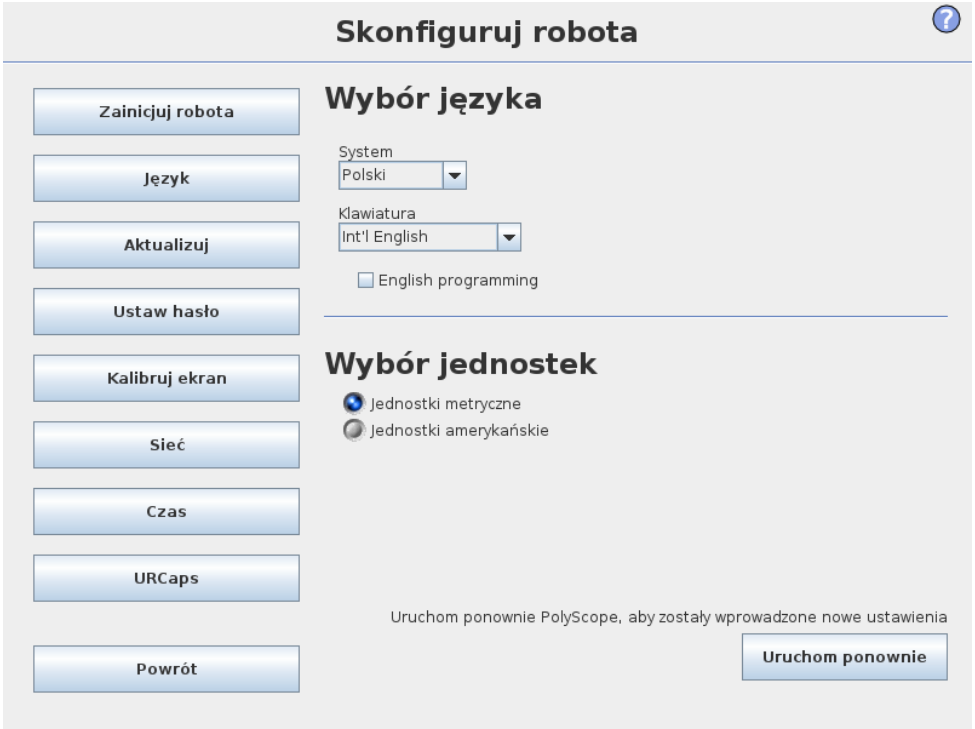
15 Ekran konfiguracji



- **Zainicjuj robota** Przejście do ekranu inicjalizacji, zob. 11.5.
- **Język i jednostki** Konfiguracja języka i jednostek pomiarowych używanych w interfejsie użytkownika, zob. 15.1.
- **Aktualizuj robota** Aktualizacja oprogramowania robota do nowszej wersji, zob. 15.2.
- **Ustaw hasło** Umożliwia zablokowanie dostępu do części programistycznej robota osobom bez znajomości hasła, zob. 15.3.
- **Kalibruj ekran** Kalibrowanie „właściwości dotykowych" ekranu dotykowego, zob. 15.4.
- **Konfiguruj sieć** Otwiera interfejs do konfigurowania połączenia skrzynki sterowniczej z siecią Ethernet, zob. 15.5.
- **Ustaw godzinę** Ustawienie godziny i daty w systemie i konfiguracja formatów wyświetlania zegara, zob. 15.6.
- **Konfiguracja URCap** Przegląd zainstalowanych URCap oraz opcje instalacji i odinstalowywania, patrz 15.7.
- **Powrót** Powrót do ekranu powitalnego.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

15.1 Język i jednostki



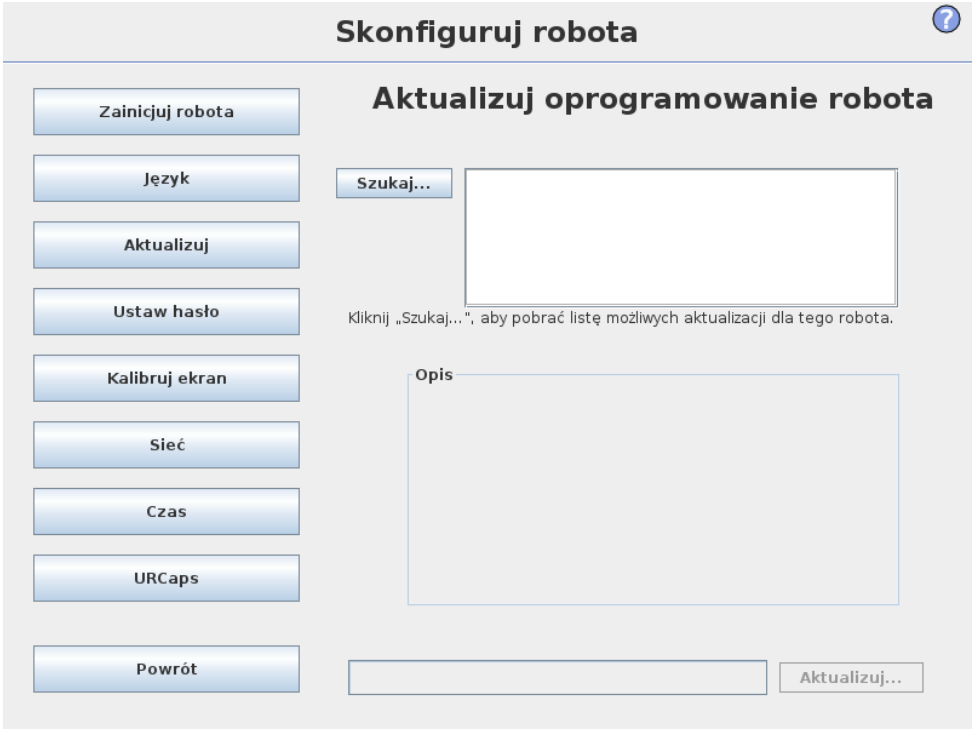
Na tym ekranie można wybrać język, jednostki i język klawiatury używane przez PolyScope.

Wybrany język będzie używany w napisach widocznych na różnych ekranach PolyScope oraz w osadzonej pomocy. Aby zachować nazwy poleceń w programie robota w języku angielskim, należy zaznaczyć pole „Programowanie angielskie”. Aby zmiany zostały wprowadzone, konieczne jest ponowne uruchomienie PolyScope.

Wybrany język klawiatury będzie domyślnie używany we wszystkich okienkach klawiatury w PolyScope.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

15.2 Aktualizacja robota

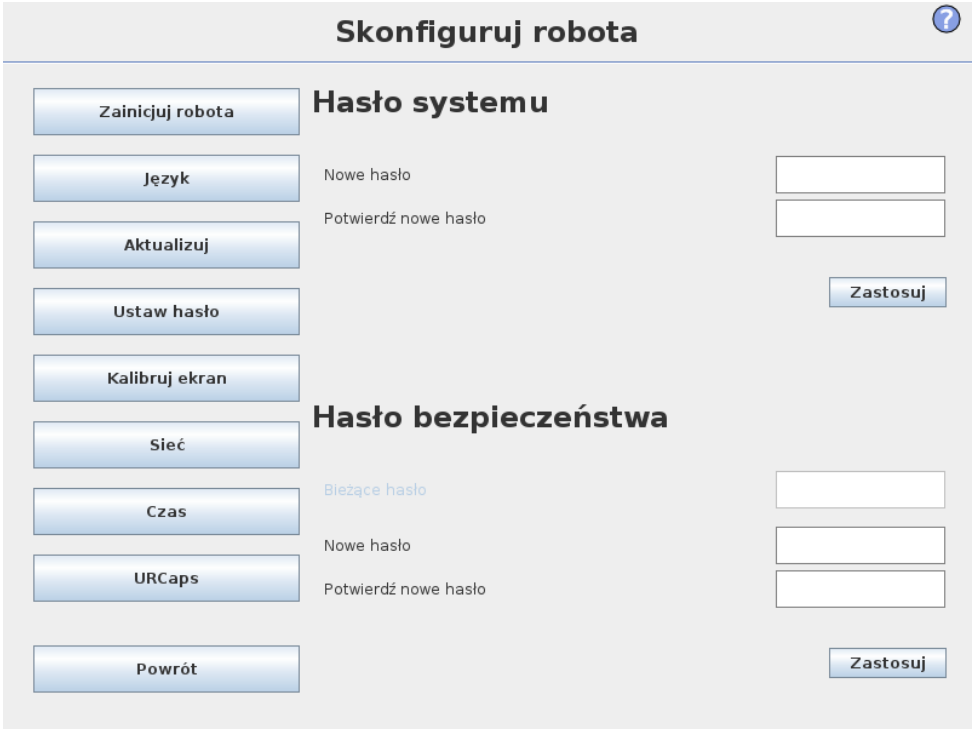


Aktualizacje oprogramowania mogą być instalowane z pamięci Flash USB. Należy wsunąć nośnik pamięci USB i kliknąć opcję **Szukaj**, aby wyświetlić jego zawartość. Aby wykonać aktualizację, należy wybrać plik, kliknąć opcję **Aktualizuj** i postępować zgodnie z instrukcjami na ekranie.

OSTRZEŻENIE:
Po każdej aktualizacji oprogramowania należy sprawdzać programy. Aktualizacja może wprowadzić zmiany w ich trajektoriach. Parametry zaktualizowanego oprogramowania można wyświetlić, naciskając przycisk „?" umieszczony w prawym górnym rogu interfejsu GUI. Parametry sprzętowe pozostają niezmienione i można je znaleźć w oryginalnym podręczniku.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

15.3 Ustawienie hasła



Obsługiwane są dwa hasła. Pierwsze jest *opcjonalnym* hasłem systemowym, które zapobiega nieuprawnionym modyfikacjom konfiguracji robota. Po ustawieniu hasła systemowego programy można ładować i uruchamiać bez hasła, ale użytkownik musi je poprawnie wprowadzić, aby tworzyć i zmieniać programy.

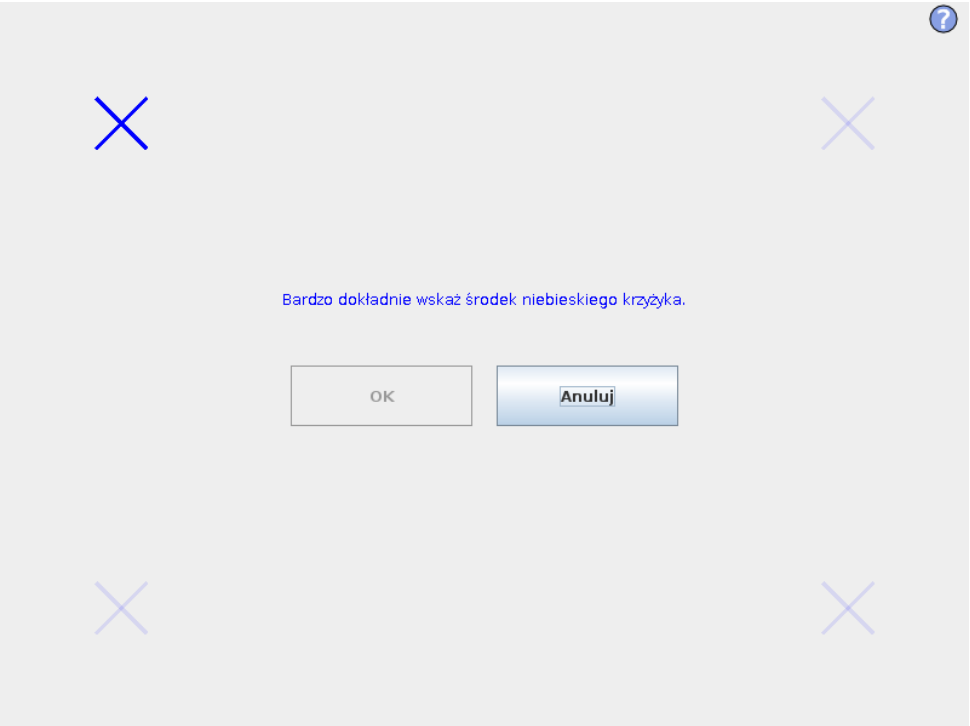
Drugie jest *wymaganym* hasłem bezpieczeństwa, które trzeba prawidłowo wprowadzić, aby możliwa była modyfikacja konfiguracji bezpieczeństwa.

UWAGA:
Aby zmienić konfigurację bezpieczeństwa, konieczne jest ustawienie hasła bezpieczeństwa.

OSTRZEŻENIE:
Hasło systemowe należy ustawić, aby zapobiegać wprowadzaniu zmian w instalacji robota przez nieupoważnione osoby.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

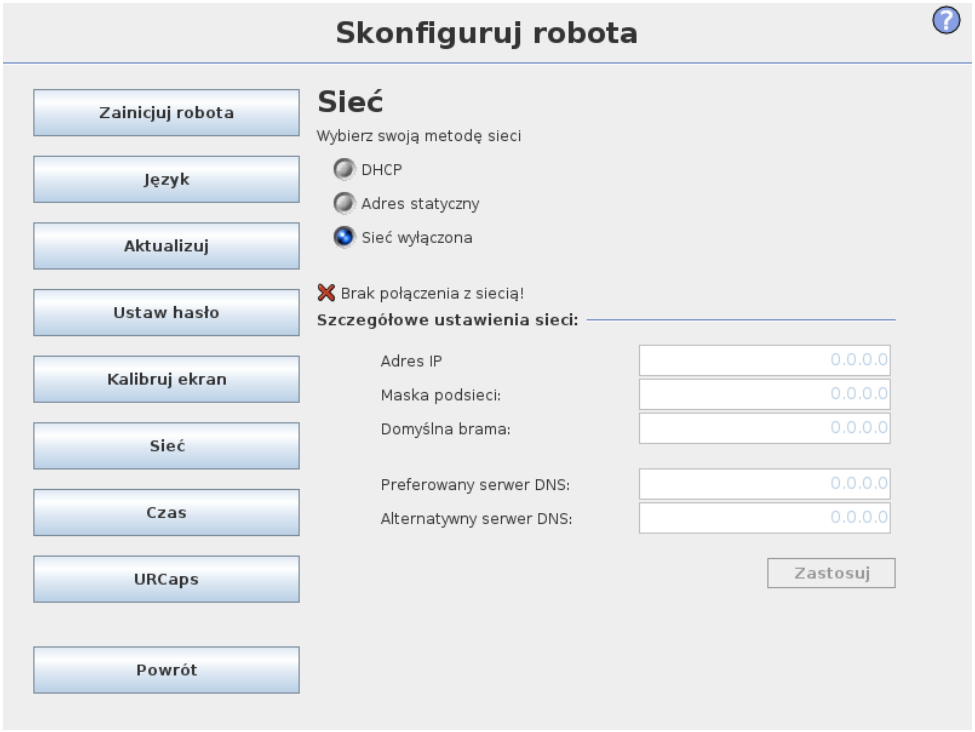
15.4 Kalibracja ekranu



Kalibracja ekranu dotykowego. W celu skalibrowania ekranu dotykowego należy postępować zgodnie z instrukcjami wyświetlanymi na ekranie. Preferowane jest wykorzystanie spiczastego, niemetalicznego przedmiotu, takiego jak zamknięty długopis. Ostrożne i staranne działanie pomaga osiągnąć lepsze wyniki.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

15.5 Skonfiguruj sieć



Panel do konfigurowania sieci Ethernet. Połączenie Ethernet nie jest potrzebne do realizacji podstawowych funkcji robota i jest domyślnie wyłączone.

15.6 Ustaw godzinę

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Ustawienie godziny i daty w systemie oraz konfiguracja formatu wyświetlania zegara. Zegar jest wyświetlany w górnej części ekranów *Uruchom program* oraz *Programuj robota*. Dotknięcie zegara spowoduje chwilowe wyświetlenie daty. Aby zmiany zostały wprowadzone, konieczne jest ponowne uruchomienie graficznego interfejsu użytkownika.

15.7 Konfiguracja URCap

Górna lista zawiera przegląd wszystkich zainstalowanych *URCap*. Kliknięcie URCap powoduje wyświetlenie meta informacji (w tym nazwy URCap, wersji, licencji itp.) w obszarze `Informacje o URCap` poniżej listy.

Kliknij przycisk + w dolnej części ekranu, aby zainstalować nowy element URCap. Wyświetlone zostanie okno wyboru, gdzie można wybrać plik `.urcap`. Kliknij przycisk `Otwórz`, a PolyScope powróci do ekranu ustawień. Wybrany element URCap zostanie zainstalowany, a na liście pojawi się po chwili odpowiednia pozycja. Nowo zainstalowane oraz odinstalowane URCap wymagają ponownego uruchomienia oprogramowania PolyScope i wyświetlony zostanie przycisk `Uruchom ponownie`.

Aby odinstalować dany URCap, wystarczy go wybrać na liście, a następnie kliknąć przycisk –. URCap zniknie z listy, jednak ponowne uruchomienie oprogramowania jest nadal wymagane.

Ikona obok pozycji na liście informuje o stanie URCap. Poniżej opisano różne stany:

- *URCap: ok*: URCap jest zainstalowany i działa prawidłowo.
- *URCap: błąd*: URCap jest zainstalowany, jednak nie można go uruchomić. Skontaktuj się z deweloperem URCap.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

URCap: wymagane ponowne uruchomienie: URCap został zainstalowany i wymagane jest ponowne uruchomienie oprogramowania.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Słowniczek

Kategoria zatrzymania 0: Ruch robota jest zatrzymywany przez natychmiastowe odcięcie jego zasilania. Jest to zatrzymanie niekontrolowane, w wyniku którego ruch robota może się odchylić od zaprogramowanego toru, ponieważ każdy przegub jest hamowany tak szybko, jak to możliwe. To zatrzymanie ochronne jest stosowane, kiedy dojdzie do przekroczenia limitu klasyfikowanego bezpieczeństwa lub w przypadku awarii części systemu sterowania z klasyfikowanym bezpieczeństwem. Aby uzyskać więcej informacji, `zob. ISO 13850` lub `IEC 60204-1`.

Kategoria zatrzymania 1: Ruch robota jest zatrzymywany przy dostępnym zasilaniu. Zasilanie jest odcinane dopiero wtedy, kiedy robot się zatrzyma. Jest to zatrzymanie kontrolowane, w którym robot będzie podążać wzdłuż zaprogramowanego toru. Zasilanie jest odcinane od razu po zatrzymaniu robota. Aby uzyskać więcej informacji, `zob. ISO 13850` lub `IEC 60204-1`.

Kategoria zatrzymania 2: Zatrzymanie kontrolowane przy utrzymaniu zasilania robota. System sterowania z klasyfikacją bezpieczeństwa monitoruje, czy robot pozostaje w pozycji zatrzymania. Aby uzyskać więcej informacji, `zob. IEC 60204-1`.

Kategoria 3: Terminu *kategoria* nie należy mylić z terminem *kategoria zatrzymania*. *Kategoria* dotyczy rodzaju architektury wykorzystanej jako podstawa dla danego *poziomu działania*. Ważną cechą architektury *kategorii 3* jest to, że pojedyncza usterka nie może prowadzić do utraty funkcji bezpieczeństwa. Aby uzyskać więcej informacji, `zob. ISO 13849-1`.

Poziom działania: Poziom działania (PL, ang. Performance Level) jest poziomem nieciągłym i służy do określania możliwości części bezpieczeństwa w systemach sterowania w zakresie działań bezpieczeństwa w przewidywalnych warunkach. PLd jest drugą najwyższą klasyfikacją niezawodności, co oznacza, że funkcja bezpieczeństwa jest skrajnie wiarygodna. Aby uzyskać więcej informacji, `zob. ISO 13849-1`.

Pokrycie diagnostyczne (DC): to miara wydajności narzędzi diagnostycznych zastosowanych w celu osiągnięcia klasyfikowanego poziomu działania. Aby uzyskać więcej informacji, `zob. ISO 13849-1`.

MTTFd: Średni czas między niebezpiecznymi awariami (ang. mean time to dangerous failure) to wartość oparta na obliczeniach i badaniach, służąca do osiągnięcia klasyfikowanego poziomu działania. Aby uzyskać więcej informacji, `zob. ISO 13849-1`.

Integrator: Integrator jest podmiotem odpowiedzialnym za projekt ostatecznej instalacji robota. Integrator jest odpowiedzialny za wykonanie ostatecznej oceny ryzyka i musi zapewnić, że ostateczna instalacja spełnia wymagania lokalnego prawa i przepisów.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Ocenę ryzyka: Jest to ogólny proces identyfikacji ryzyka wszelkiego rodzaju i ograniczenie go do właściwego poziomu. Ocena ryzyka powinna być udokumentowana. Więcej informacji zawiera norma ISO 12100.

Współbieżność w zastosowaniu robota: Termin *współbieżność* dotyczy współpracy między operatorem i robotem w jego zastosowaniu. Dokładne definicje i opisy można znaleźć w normach ISO 10218-1 oraz ISO 10218-2.

Konfiguracja bezpieczeństwa: Interfejsy i funkcje dotyczące bezpieczeństwa można konfigurować poprzez parametry konfiguracji bezpieczeństwa. Są one definiowane przez interfejs programowy, zob. część II.

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Indeks

Symbols

Śledzenie przenośnika II-63, II-110

C

Czekaj II-88

D

Drzewo programu II-72, II-73

E

edytor postawy II-57
Edytor wyrażeń II-99
Ethernet I-45
Ethernet/IP II-50

F

Folder II-91
Funkcja II-56
Funkcja bazowa II-56
Funkcja narzędzia II-56
Funkcja zmienna II-79
Funkcje II-63

G

Gwarancja I-55

I

Instalacja II-110
instalacja II-52
integrator .....x, I-8

K

Konfiguracja bezpieczeństwa I-9
Konfigurowalne wejść/wyjść I-32
Konstrukcja Switch Case II-99
Kreatory II-110

L

Linity II-111
Lista (wzór) II-100

M

Menu funkcja II-102
Mieszanie II-81
MODBUS ... II-42, II-51, II-52, II-54, II-63

N

Nadgarstek 3 ..... II-25
Narzędzie wejść/wyjść I-41
norma I-67, I-68, I-70

O

obciążenie przegubu II-66
ocena ryzyka ..... x, I-3, I-10
oceny ryzyka I-8
Ogólne przeznaczenie wejś/wyjś ... I-32
okienko wyskakujące II-89

P

Parametry mieszania II-82
Po zakończeniu II-106
Podręcznik serwisowy x
Podręcznik skryptów x
Podstawa II-25, II-79
PolyScope ix, II-25, II-27, II-29, II-92, II-96
Pozycja zakotwiczenia II-105
Program II-30
Prostota II-103
Przed uruchomieniem II-105
Przycisk Test II-104
Punkt II-103
Punkt centralny narzędzia II-45
Punkt orientacyjny II-79, II-81, II-86, II-111
Punkty orientacyjne II-28, II-77, II-80, II-105

R

Rama II-103
Ramię robota I-29, II-48, II-66, II-107, II-108
ramię robota II-101, II-103
Ramie robota II-51
ramienia robota II-77
ranię robota I-67
Ruch ..II-30, II-57, II-58, II-77, II-78, II-80, II-89, II-103, II-105
Ruch swobodny . II-28, II-50, II-57, II-104

ruch swobodny II-48, II-104
RuchJ II-77
RuchL II-57, II-77, II-79
RuchP II-57, II-77, II-79

S

Sekwencja palety II-105
Skrzynka sterownicza ix, I-67, II-51, II-66
skrzynka sterownicza I-29, I-46, II-30, II-41
skrzynki sterowniczej I-31
Sterownik uczenia ..... ix, II-50
sterownik uczenia II-104
Struktura II-110

T

tryb przywracania II-32
Tryb siła II-101

U

URCaps x
Ustaw II-89
Ustawienia bezpieczeństwa I-4

W

We/wy II-30
we/wy I-29, I-33, II-50, II-51
We/wy bezpieczeństwa I-33
we/wy bezpieczeństwa I-33
wej/wyj II-41
wejść/wyjść I-31
Wejść/wyjść bezpieczeństwa I-32
Wspornik montażowy ix
Wzór II-100, II-101
Wzór kwadratu II-100, II-101
Wzór linii II-100, II-101
Wzór okna II-100, II-101
Względne punkty orientacyjne II-79

Z

Zalecenia bezpieczeństwa I-49
Zmienne II-75, II-113
zmienne instalacji II-51
Zmienne punkty orientacyjne II-79
Znaki ostrzegawcze I-4

Copyright © 2009–2018, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.